



Discriminação de formulações industriais de café torrado através de espectroscopia de infravermelho próximo

Susana Maria Guerreiro Faia de Brito

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em
Engenharia Alimentar – Processamento de Alimentos

Orientador: Doutora Maria Helena Guimarães de Almeida.

Co-orientador: Doutor José Carlos Rodrigues.

Licenciada Ana Cristina Moreira César Brazão.

Júri:

Presidente: Doutora Maria Suzana Leitão Ferreira Dias Vicente, Professora Auxiliar do
Instituto Superior de Agronomia da Universidade Técnica de Lisboa.

Vogais: Doutora Margarida Gomes Moldão Martins, Professora Auxiliar do Instituto Superior
de Agronomia da Universidade Técnica de Lisboa;

Doutora Maria Helena Guimarães de Almeida, Professora Auxiliar do Instituto
Superior de Agronomia da Universidade Técnica de Lisboa;

Doutor José Carlos de Carvalho Rodrigues, Investigador Auxiliar do Instituto de
Investigação Científica e Tropical;

Doutor António Eduardo Baptista Leitão, Investigador Auxiliar do Instituto de
Investigação Científica e Tropical.

Lisboa, 2012

Agradecimentos

Este espaço é dedicado a todos os que contribuíram para que este trabalho final de mestrado fosse realizado.

Agradeço à professora Maria Helena Guimarães de Almeida por ter aceitado a orientação desta dissertação, pelo acompanhamento ao longo do trabalho, amizade e paciência.

Ao doutor José Carlos Rodrigues e ao Instituto de Investigação Científica Tropical (IICT) por terem aceitado co-orientar o estudo analítico das amostras, pelo apoio e disponibilidade para o tratamento de dados e esclarecimento das questões que foram surgindo.

À Rita Simões pela partilha de conhecimento e experiência na utilização do equipamento FT-NIR.

À Engenharia Ana César Brazão pela co-orientação referente à parte industrial do estudo, pela disponibilização das amostras, de equipamento e pelos esclarecimentos prestados, bem como pela simpatia demonstrada.

À direcção de empresa Nutricafés, SA por permitir a realização do estudo.

Às técnicas de laboratório da Nutricafés, SA pela colaboração na torra das amostras.

Às minhas companheiras de tese, Ana João Veríssimo, Inês Ribolhos e Patrícia Moura pelos momentos agradáveis e pelo apoio que deram.

Por fim quero agradecer ao meu marido por me ter ajudado quando tudo parecia perdido e, em particular, aos meus filhos pelo tempo que lhes roubei para poder realizar esta dissertação.

Resumo

Este trabalho final de mestrado incidiu na discriminação de *blends* de café com diferentes quantidades de café robusta e também na análise de como o café das origens arábica e robusta, provenientes de diferentes regiões, afectam o comportamento dos *blends*.

As amostras utilizadas foram separadas em *blends* e origens, o que permitiu obter 48 *blends* com 3 formulações diferentes e 6 amostras de origens, 3 da variedade arábica e 3 da variedade robusta.

Para obtenção desta caracterização foi utilizado o método de espectroscopia de infravermelhos próximo, FT-NIR, no qual se restringiu a análise à zona do espectro de maior diferenciação.

A análise estatística utilizada foi a análise de componentes principais.

Concluiu-se, através de uma discriminação qualitativa, que a quantidade de café robusta presente nos *blends* de café é uma das características de maior relevância do produto final.

Outras características que se mostraram relevantes foram o grau de torra e o tempo de armazenamento das amostras.

Palavras-chaves:

Blends café; FT-NIR; variedades café; PCA

Abstract

This final work of masters focused on the characterization of coffee between blends with different amounts of robusta coffee and also in the analyze of how the origins of coffee arabica and robusta, from different regions, affecting behavior of blends.

The samples were separated into blends and origins, which afforded 48 blends with 3 different formulations and 6 samples of sources, 3 of arabica and 3 of robusta.

To obtain this characterization method was used near infrared spectroscopy, FT-NIR, in which the analysis was restricted to the area of the spectrum of greatest differentiation.

The statistical analysis used was principal component analysis.

It was concluded by a qualitative discrimination, that the amount of robusta coffee present in coffee blends is one of the most relevant characteristics of the final product.

Other features that were found to be relevant were the degree of roasting, the formulation of the coffee blends and the storage time.

Key words:

Blends; FT-NIR; coffee varieties; PCA

Extended Abstract

Coffee is a widely consumed product, both in Portugal and worldwide. There is a growing need to understand the complexity of the characteristics that make this product unique and find new ways to protect it from the effects of adulteration agents, which can be responsible for the lower quality of coffee.

The importance of the characterization of blends led to this work. It was possible to study the variances between blends with different quantities of Robusta coffee and the behavior of the blends that are affected by the variety of Arabica and Robusta coffee.

It was used *Near Infrared Spectroscopy*, FT-NIR, which was restricted to a portion of the spectrum that obtains the range with the greatest differentiation.

Comparing blends with origins we can make some interesting results about the formulation of the blends by the analysis of principal components as the statistical method used.

It was concluded by a qualitative discrimination, that the amount of robusta coffee present in coffee blends is one of the most relevant characteristics of the final product since as expressed in the analysis of samples of different ranges (3A, 5A) and in the analysis were where present the three origins of Arabica and three origins of robusta coffee.

Other features that were found to be relevant were the degree of roasting, the formulation of the coffee blends and the storage time.

In the analysis of the samples in the range 1A, it was found that the amount of robusta coffee became the PC2 and the PC1 was the degree of roasting because we can see how the formulation of the range was influenced by the degree of roasting.

In analyzing the samples of the range 3A and 5A it was found that PC2 indicates the storage time. For the samples with storage time exceeding 12 months, it appears to have a linear behavior and in the samples with storage time under 12 months, the formulation range may have some influence and explain why their behavior is not as linear as the other samples.

Key words:

Blends; FT-NIR; coffee varieties; PCA

Índice

Índice de Figuras.....	i
Índice de Quadros.....	iii
I Revisão Bibliográfica.....	1
1.1 Introdução.....	1
1.2 Produção, Comércio e Consumo de café no Mundo	2
1.2.1 Produção de café verde	2
1.2.2 Comércio de café torrado.....	2
1.2.3 Consumo de café torrado.....	4
1.3 Comércio e Consumo de café em Portugal.....	5
1.3.1 Importação de Café Verde	5
1.3.2 Comércio Externo	6
1.3.3 Consumo.....	6
1.4 Caracterização Botânica do Café.....	8
1.4.1 Caracterização Taxonómica	8
1.4.2 Caracterização Morfológica.....	9
1.5 Caracterização Físico-química das Sementes de Café	10
1.5.1 Caracterização Física do Café Verde	10
1.5.2 Composição Química do Café.....	11
1.6 Processamento e Torra do Café.....	13
1.6.1 Colheita.....	13
1.6.2 Processamento por <i>Via Seca</i>	13
1.6.3 Processamento por via Húmida	14
1.6.4 Benefício do café verde.....	15
1.6.5 Torra.....	16
1.6.6 Constituição das formulações	17
1.7 Espectroscopia de infravermelho próximo.....	19
1.7.1 Vantagens da espectroscopia de infravermelho próximo.....	19
1.7.2 Análise em componentes principais (PCA).....	20
II Parte Experimental.....	22
2.1 Material e Métodos.....	22
2.1.1 Amostras de café	22
2.1.2 Equipamento e programa utilizados na análise	25
2.1.3 Descrição da análise.....	25
2.2 Resultados e Discussão.....	27
2.2.1 Amostras não estabilizadas vs. Amostras estabilizadas	27
2.2.2 Análise das amostras com diferentes formulações.....	29

2.3	Conclusões	34
III	Referências Bibliográficas	35
IV	Anexos	38
	Anexo 1 – Evolução da torra no café	39
	Anexo 2 – 2ª Derivada das 54 amostras totais.....	40
	Anexo 3 –2ª Derivada das 36 amostras analisadas em Junho.....	41
	Anexo 4 –2ª Derivada das 18 amostras analisadas em Outubro.....	42
	Anexo 5 – <i>Loadings</i> do PCA das 36 amostras analisadas em Junho (sem estabilização) .	43
	Anexo 6 – <i>Loadings</i> do PCA das 18 amostras analisadas em Outubro.....	44
	Anexo 7 – <i>Loadings</i> do PCA das amostras com 100% Café Robusta.....	45
	Anexo 8 – <i>Loadings</i> do PCA das amostras com 70% Café Robusta.....	46
	Anexo 9 – <i>Loadings</i> do PCA das amostras com 50% Café Robusta.....	47
	Anexo 10 – <i>Loadings</i> do PCA das 54 amostras totais.....	48

Índice de Figuras

Figura 1 - Países com maior produção de café verde, em 2010.....	2
Figura 2 - Países exportadores de café torrado, em 2010	3
Figura 3 - Países Importadores de café Torrado, em 2010	3
Figura 4 - Corte transversal e longitudinal de um grão de café.....	9
Figura 5 - Diagrama do processamento do café cereja por via Seca.....	14
Figura 6 - Diagrama do processamento tradicional do café cereja por via Húmida.....	14
Figura 7 - Lavagem e Separação do café cereja	15
Figura 8 - Diagrama do benefício do café Coco e/ou do café Pergaminho	16
Figura 9 - Princípios de análise de componentes principais (PCA).....	21
Figura 10 - Moinho de café automático PROMAC	23
Figura 11 - Informações detalhadas sobre as 54 amostras	24
Figura 12 - Espectrofotómetro MPA FT-NIR, Bruker Optics	25
Figura 13- Projecção das amostras de café sobre o plano PC1x PC2 definido pelas duas componentes Principais resultantes da análise das 36 amostras analisadas em Junho (sem estabilização)	27
Figura 14 - Projecção das amostras de café sobre o plano PC1x PC2 definido pelas duas componentes Principais resultantes da análise das 36 amostras analisadas em Junho (com estabilização)	28
Figura 15 - Projecção das amostras de café sobre o plano PC1x PC2 definido pelas duas componentes Principais resultantes da análise das 18 amostras analisadas em Outubro....	29
Figura 16 - Projecção das amostras de café sobre o plano PC1x PC2 definido pelas duas componentes Principais resultantes da análise das amostras Com 100% café robusta	30
Figura 17 - Projecção das amostras de café sobre o plano PC1x PC2 definido pelas duas componentes Principais resultantes da análise das amostras Com 70% café robusta	31

Figura 18 - Projecção das amostras de café sobre o plano PC1x PC2 definido pelas duas componentes Principais resultantes da análise das amostras Com 50% café robusta32

Figura 19 - Projecção das amostras de café sobre o plano PC1x PC2 definido pelas duas componentes Principais resultantes da análise das 54 amostras totais.....33

Índice de Quadros

Quadro 1 - Consumo interno de café, em toneladas	4
Quadro 2 - Importação de café verde não descafeinado em 2010 e 2011 (em toneladas) por Portugal.....	5
Quadro 3 - Comércio internacional português de café verde e café torrado (em toneladas)..	6
Quadro 4 - Consumo total e Consumo <i>per capita</i> de café verde em Portugal	7
Quadro 5 - Caracterização Taxonómica das espécies mais cultivadas de Café.....	8
Quadro 6 - Características Físicas das sementes de café verde	10
Quadro 7 - Composição Química do café verde e torrado, % matéria seca	11
Quadro 8 - Caracterização geral das Gamas de café torrado estudadas (%).....	22

I Revisão Bibliográfica

1.1 Introdução

Existem vários estudos pouco aprofundados, que têm sido realizados sobre a aplicação de NIR para a discriminação das espécies arábica e robusta em variedades puras (origens) e gamas (formulações) (Esteban-Díez, et al., 2007) . Este método também foi aplicado para o reconhecimento da composição química e para a detecção de possíveis adulterações ao nível das formulações efectuadas.

O objectivo deste trabalho é fazer o estudo das principais variáveis de café torrado centrando-se em diferentes formulações de café e em diferentes tempos de armazenamento.

Foram estudadas amostras com diferentes tempos de armazenamento (0 a 23 meses), produzidas e embaladas em ambiente industrial, representativas, pois, do produto tal como o consumidor o adquire no mercado retalhista.

1.2 Produção, Comércio e Consumo de café no Mundo

1.2.1 Produção de café verde

De acordo com a *Food and Agriculture Organization (FAO)*, em 2010, o Brasil foi o principal produtor de café verde, com 2 906 320t, seguindo-se o Vietname com 1 105 700t, a Indonésia com 684 076t e a Colômbia com 514 128t. (Figura 1). A produção mundial de café verde ascendeu a 8 228 018 t.

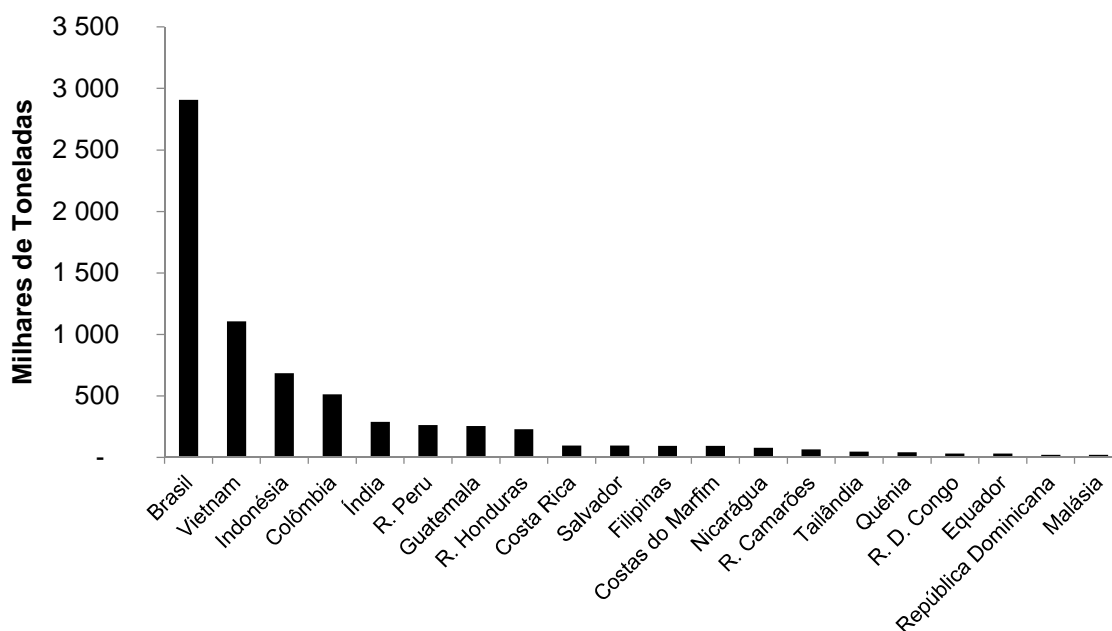


Figura 1 - Países com maior produção de café verde, em 2010¹

1.2.2 Comércio de café torrado

Relativamente às exportações de café torrado, em 2010, o ranking de países exportadores era liderado pela Alemanha com 173 619t transaccionadas, seguida pela Itália e EUA com 114 975t e 96 087t respectivamente (Figura 2). O total mundial de exportações foi nesse ano de 794 523 t.

¹ Fonte: FAOSTAT 2012

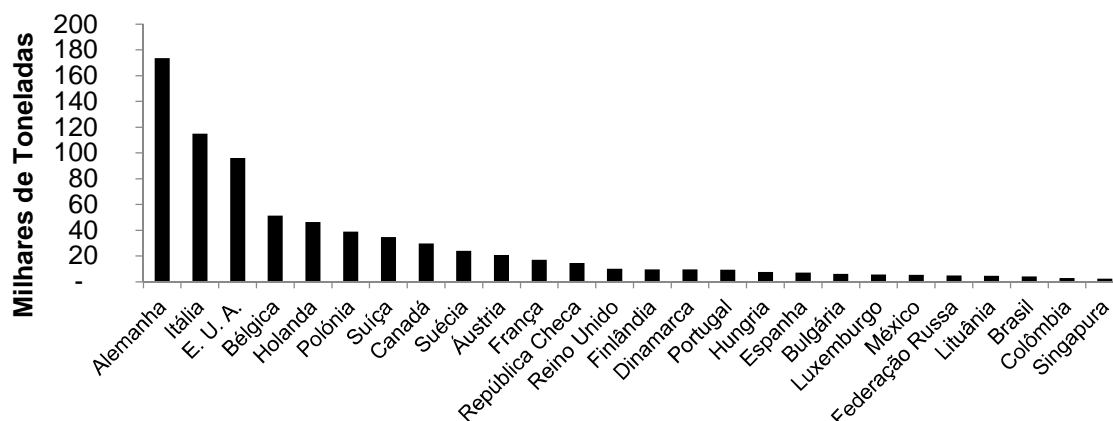


Figura 2 - Países exportadores de café torrado, em 2010²

Em 2010, a França e o Canadá foram os países que mais se destacaram na importação de café torrado, respectivamente com 98 701t e 75 380t. Foram secundados pelos Estados Unidos da América (EUA) com 63 793t, pela Alemanha com 60 471t e pela Holanda com 56 054t (Figura 3). Mundialmente o total de importações foi de 777 835t.

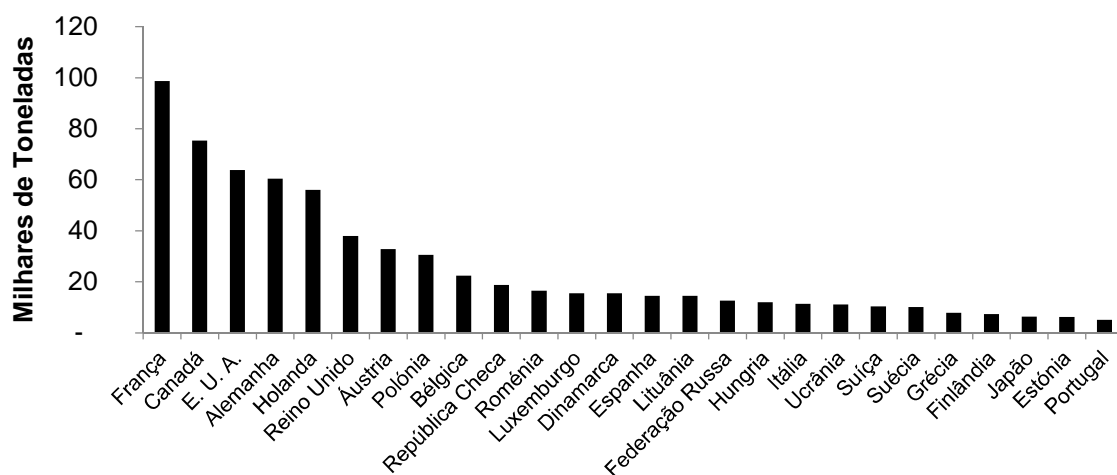


Figura 3 - Países Importadores de café Torrado, em 2010³

² Fonte: FAOSTAT 2012

³ Fonte: FAOSTAT 2012

1.2.3 Consumo de café torrado

Segundo a USDA (2012), entre Junho 2010 e Junho 2012 houve um acréscimo global no consumo interno de café nos países em observação, com excepção dos países do Japão e do Canadá onde se verificou um ligeiro decréscimo (Quadro 1).

Quadro 1 - Consumo interno de café, em toneladas

Países	Jun. 2010 - Jun. 2011	Jun. 2011 - Jun. 2012	Previsões para Jun. 2012 - Jun. 2013
UE 27	2 498	2 727	2 670
EUA	1 373	1 379	1 398
Brasil	1 163	1 204	1 246
Japão	412	411	423
F. Russa	251	270	294
Canadá	203	198	216
Etiópia	172	174	180
Outros	1 905	1 972	2 076
Total	7 976	8 335	8 502

1.3 Comércio e Consumo de café em Portugal

1.3.1 Importação de Café Verde

Segundo a *European Coffee Federation* (ECF), em 2011, Portugal importou 47 204t de café verde não descafeinado; e em 2010 foram importadas 43 312t (Quadro 2).

Quadro 2 - Importação de café verde não descafeinado em 2010 e 2011 (em toneladas) por Portugal⁴

Países Origem	2010	2011
Vietname	8 542	8 781
Uganda	4 593	6 406
Brasil	6 929	6 230
R. Camarões	4 260	5 369
Índia	3 811	4 521
R. Honduras	1 083	3 035
Guatemala	552	1 623
Costa Rica	1 221	1 366
Laos	496	1 161
Indonésia	996	1 052
Costa do Marfim	2 175	546
Peru	653	462
Timor-Leste	421	400
Colômbia	352	364
Angola	157	263
Outras	7 068	5 626
Total	43 312	47 204

Nos dois anos em observação, 2010 e 2011, o Vietname, o Uganda, o Brasil, os Camarões e a Índia foram os cinco principais fornecedores de café a Portugal. Em 2011 as importações Portuguesas de café produzido no Uganda aumentaram consideravelmente ultrapassando, ainda que ligeiramente, as importações de café produzido no Brasil, tornando-se o país africano no segundo mercado por troca com o Brasil.

⁴ Fonte: (ECF, 2012)

1.3.2 Comércio Externo

O quadro seguinte (Quadro 3) apresenta as transacções de café verde e torrado, que Portugal realizou com outros países em 2010 e 2011. (ECF, 2012)

Quadro 3 - Comércio internacional português de café verde e café torrado (em toneladas)⁵

Café verde			Café torrado	
IMPORTAÇÕES	2010	2011	2010	2011
Não EU	38 438	42 573	1 202	1 299
EU	4 874	4 632	3 468	4 152
Total	43 312	47 204	4 670	5 451
EXPORTAÇÕES	2010	2011	2010	2011
Não EU	94	74	1 122	1 298
EU	60	66	7 119	7 456
Total	154	139	8 241	8 754

Os valores referentes às importações de café (Quadro 3) indicam que, nos anos em observação, Portugal adquiriu principalmente café verde. Observa-se também que Portugal teve um acréscimo no volume de vendas de café torrado com os países membros da União Europeia entre 2010 e 2011.

1.3.3 Consumo

Em 2010 e 2011 registou-se em Portugal um incremento no consumo total de café verde em, de 796 000 sacas para 802 000 sacas. O consumo de café *per capita* apresentou também um ligeiro acréscimo, cerca de 0,5 kg *per capita* (Quadro 4).

⁵ Fonte: (ECF, 2012)

Quadro 4 - Consumo total e Consumo *per capita* de café verde em Portugal⁶

	2010	2011
Consumo total (toneladas)	47 760	48 120
Consumo <i>per capita</i> (kg)	4,2	4,7



⁶ Fonte: (ECF, 2012)

1.4 Caracterização Botânica do Café

1.4.1 Caracterização Taxonômica

O cafeeiro é uma planta pertencente à família das *Rubiaceae* e ao gênero *Coffea*, que integra 103 espécies descritas sendo as espécies *Coffea arabica* Lineu e *Coffea canephora* Pierre, as mais importantes em termos de produção mundial. As restantes espécies pertencentes ao gênero *Coffea* têm um papel importante nos programas de melhoramento por forma a obter espécies com elevada produtividade para uma melhor adaptação às diversas condições edafo-climáticas (Quadro 5). (Ferrão, 2005)

Quadro 5 - Caracterização Taxonômica das espécies mais cultivadas de Café⁷

	<i>Coffea arabica</i>	<i>Coffea canephora</i>
Imagem		
Reino	Plantae	
Divisão	Magnoliophyta	
Classe	Magnoliopsida	
Ordem	Gentianales	
Família	Rubiaceae	
Gênero	Coffea	
Espécie	<i>Coffea arabica</i>	<i>Coffea canephora</i>

⁷ Fonte: <http://www.mobot.org/MOBOT/Research/APweb/>

⁸ Fonte: http://caliban.mpiz-koeln.mpg.de/koehler2/high/DSC_3061.html

⁹ Fonte: http://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Detail_of_Coffea_canephora_branch_and_leaves.jpg

1.4.2 Caracterização Morfológica

O sistema radicular do cafeeiro de ambas as espécies é constituído por raízes axiais e raízes laterais. As raízes axiais atingem profundidades maiores, cerca de 2 – 3 metros e são pouco ramificadas, sendo estas importantes para o suporte da planta e fornecimento de água. As raízes laterais são de pouca profundidade, 1 – 2 metros e são ramificadas, tendo como principal função a eficiente captação de água e exploração do solo a profundidades superiores. (Clifford & Willson, 1985)

Ambas as variedades devem ser podadas de modo a não ultrapassarem 2 – 3 metros de altura a fim de facilitarem a colheita. A planta é um arbusto perene caducifólio, embora a queda das folhas não seja simultânea, apresentando um crescimento contínuo a partir do gomo terminal.

As espécies do género *Coffea* são diplóides ($2n = 22$ cromossomas) e auto-incompatíveis à excepção da *Coffea arabica* que é alotetraploide ($2n = 44$ cromossomas) e autopolinizável. O fruto é uma drupa oval cujo tamanho depende de vários factores, como idade da planta, genética, condições edafo-climáticas e culturais. A cor do fruto durante a maturação é verde alterando-se para vermelho ou amarelo ao atingir o ponto óptimo de maturação (Figura 4). (Clifford & Willson, 1985)

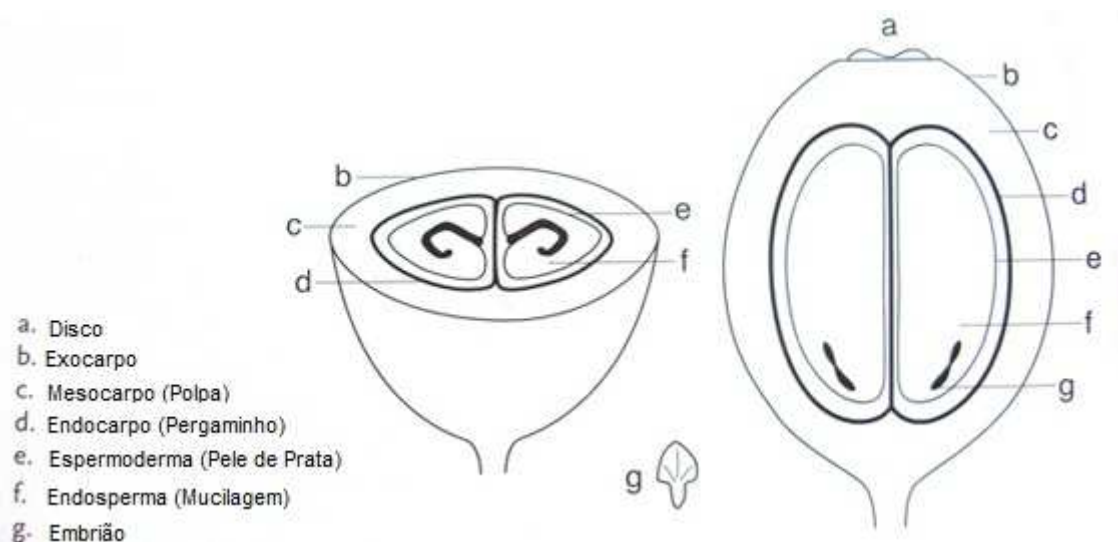


Figura 4 - Corte transversal e longitudinal de um grão de café¹⁰

¹⁰ Fonte: <http://www.scaa.org/?page=resources&d=a-botanists-guide-to-specialty-coffee>



1.5 Caracterização Físico-química das Sementes de Café

1.5.1 Caracterização Física do Café Verde

Tal como no fruto, as características das sementes de café devem-se a factores, como a genética das plantas, factores edafo-climáticos, condições culturais e processamento.

Os frutos de *Coffea arabica* são mais compridos, possuem uma forma achatada, friso linear e tonalidade azul-esverdeado enquanto, a *Coffea canephora* têm forma oval, com friso central encurvado, um comprimento redondo e uma tonalidade amarela (Quadro 6).

Quadro 6 - Características Físicas das sementes de café verde¹¹

	<i>Café Arábica</i>	<i>Café Robusta</i>
Imagem¹²		
Forma	Achatada	Oval
Friso central	Linear	Encurvado
Comprimento	Longo	Redondo
Largura	6 – 7 mm	
Espessura	3 – 4 mm	
Massa	0,15 – 0,22 g	
Cor	Azul-esverdeada	Amarela

¹¹ Fonte: (ICO, 2012)

¹² Fonte: <http://joyturner.net/wp-content/uploads/2012/01/arabica-and-robusta.jpg>

1.5.2 Composição Química do Café

As sementes das espécies *Coffea arabica* e *Coffea canephora* possuem composição química distinta, quer em verde como após a torra.

Após a torra o teor dos diferentes constituintes tende a descer, mas existem exceções como os lípidos, as proteínas e os minerais.

Os ácidos clorogénicos totais, a trigonelina e a cafeína são os compostos que mais reflectem a diferença entre as duas espécies (Quadro 7).

Quadro 7 - Composição Química do café verde e torrado, % matéria seca ¹³

	<i>Coffea arabica</i>		<i>Coffea canephora</i>	
	Verde	Torrado	Verde	Torrado
Humidade	8 – 12,5	<7	8 – 12,5	<7
Oligossacáridos	6 – 8	0 – 3,5	5 – 7	0 – 3,5
Polissacáridos Totais	50 – 55	24 – 39	37 – 47	--
Lípidos	12 – 18	14,5 – 20	9 – 13	11 – 16
Proteínas	11 – 13	13 – 15	11 – 13	13 – 15
Aminoácidos livres	2	0	2	0
Ácidos Clorogénicos Totais	5,5 – 8	1,2 – 2,3	7 – 10	3,9 – 4,6
Ácidos Alifáticos¹⁴	1,5 – 2	1 – 1,5	1,5 – 2	1 – 1,5
Trigonelina	1 – 1,2	0,5 – 1	0,6 – 0,75	0,3 – 0,6
Cafeína	0,9 – 1,2	1	1,6 – 2,4	2
Minerais	3 – 4,2	3,5 – 4,5	4 – 4,5	4,6 – 5
pH	4,9 – 5,2		4,9 – 5,2	

¹³ Fonte: (Bicho, et al., 2011)

¹⁴ Ácidos alifáticos incluem os ácidos cítrico, málico e quínico.

Nos ácidos alifáticos, que são responsáveis pela acidez do café, pode-se ver uma ligeira degradação, tal como na trigonelina que é um factor importante no flavour do café torrado. Os ácidos clorogénicos têm várias responsabilidades no café torrado, sendo que uma é pela sua degradação uma vez que forma compostos aromáticos, outra é a minimização da formação de substâncias com potencial mutagénico durante a torra.

1.6 Processamento e Torra do Café

O café torrado é obtido depois de um conjunto de operações que começam com a colheita. Segue-se a obtenção da semente (“grão” ou café verde) através da via húmida ou da via seca e do benefício. Finalmente o café verde é torrado, quer em instalações industriais quer por processos muito rudimentares.

1.6.1 Colheita

Existem dois tipos principais de colheita, a colheita manual e a colheita mecânica.

A colheita manual pode ser de diferentes tipos (Correia, 1995):

- **Seleccionada** – escolha dos frutos mais maduros um a um;
- **Ripa** – os frutos são destacados do ramo com um movimento de “pentear”. São colhidos maioritariamente os frutos maduros, embora alguns verdes ou mesmo com um excesso de maturação também entrem nesta colheita;
- **Rebusco** – são colhidos de uma só vez todos os frutos, independentemente do seu grau de maturação e qualidade;
- **De Varrição** – técnica utilizada no Brasil, e trata-se da recolha dos frutos que caem ao chão antes da derriça, o que conduz à presença de frutos já alterados devido a fermentações indesejáveis.

Na colheita mecânica, todos os grãos são apanhados pelas máquinas, não havendo selecção alguma.

1.6.2 Processamento por *Via Seca*

Este processo tecnológico é o mais simples e antigo que se conhece para o café (Correia, 1990). Consiste essencialmente na secagem dos frutos inteiros, seguida pelo descasque, realizado durante o benefício, para a obtenção do café verde.

Na secagem, as cerejas de café são colocadas ao sol a secar, utilizando-se áreas cimentadas ou de tijoleira (eiras de secagem) ou tabuleiros com fundo de rede que assentam em cavaletes. Podem também ser usadas máquinas de secagem artificial, que normalmente complementam a secagem natural, sendo esta tecnologia usada caso o clima não garanta uma secagem ao sol de forma eficiente (Cardoso, 1994) (Clarke, 1987).

O descasque é usado para remover as cascas secas do café coco após a secagem, como forma de libertar os grãos de café. A pele de prata, camada constituinte do grão, é de difícil remoção pela secagem por via seca (Figura 5) (Clarke, 1987).

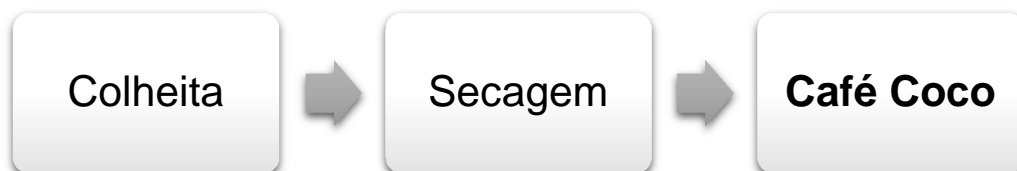


Figura 5 - Diagrama do processamento do café cereja por via Seca

1.6.3 Processamento por via Húmida

O método da *via húmida* é mais dispendioso que o método da *via seca* porque precisa de muitos recursos hídricos, de muita mão-de-obra e a sua execução é mais difícil e dispendiosa.

A vantagem deste método é o facto que a qualidade dos grãos de café obtidos serem geralmente superior aos da *via seca* (Figura 6) (Cardoso, 1994).



Figura 6 - Diagrama do processamento tradicional do café cereja por via Húmida

Após a colheita, o café cereja vai ser lavado e separado em função da densidade de frutos mal formados e danificados bem como de impurezas como pedras, folhas e ramos (Figura 7).

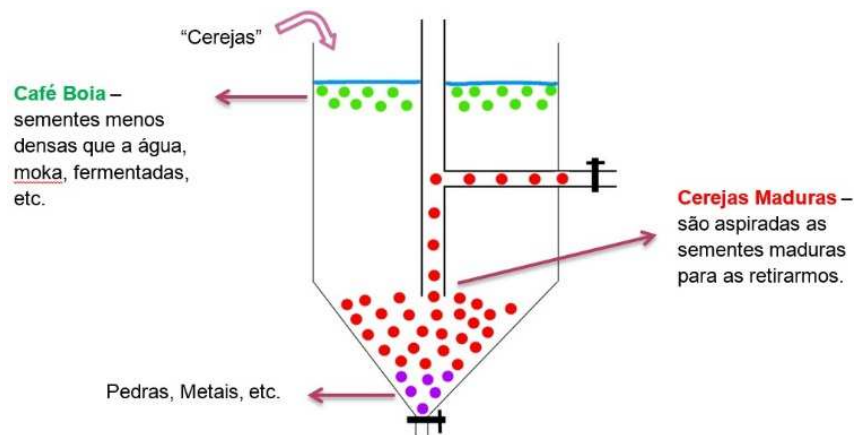


Figura 7 - Lavagem e Separação do café cereja

A despulpagem é feita num despulpador mecânico. A desmucilagem pode ser feita física, química ou biológica (por fermentação). A melhor forma de retirar a mucilagem é por fermentação, em que a mucilagem é retirada por reações químicas e por agitação mecânica em meio aquoso (Cardoso, 1994). Esta fermentação dura entre 20 – 40h.

A lavagem serve para destacar os restos de tecido mucilaginoso degradado durante a fermentação, ainda aderentes ao “pergaminho”. Segue-se a secagem, que é aplicada nos dois métodos de produção de café verde, podendo esta ser em terreiros ao sol ou num secador industrial com temperaturas $\leq 60\text{ }^{\circ}\text{C}$.

1.6.4 Benefício do café verde

O café coco e o café pergaminho, obtidos durante o processamento da cereja são sujeitos a um conjunto de operações que visam preparar e melhorar a qualidade comercial do café verde (Figura 8).

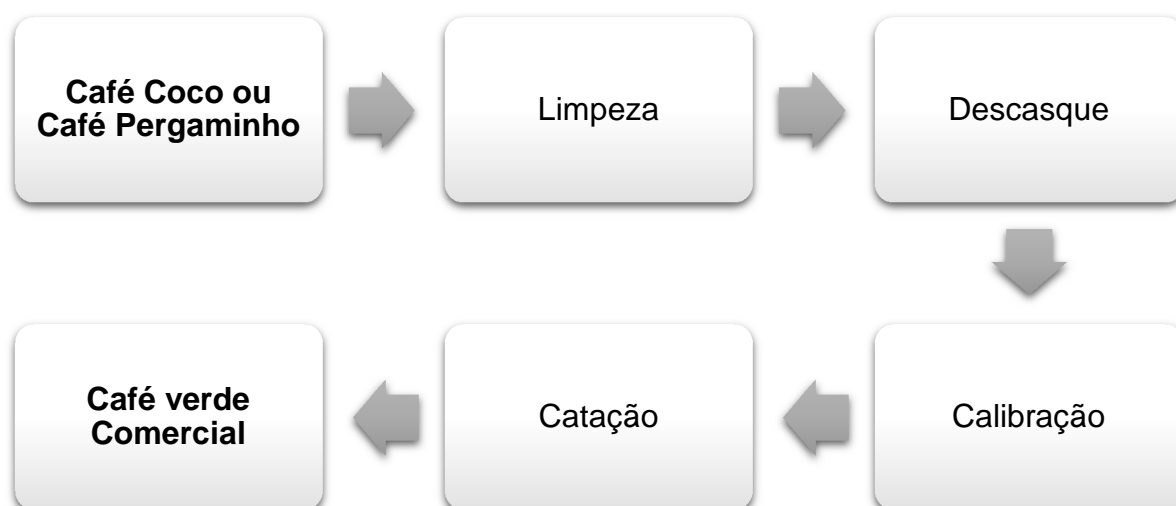


Figura 8 - Diagrama do benefício do café Coco e/ou do café Pergaminho

O benefício começa com uma limpeza que permitirá remover algumas impurezas, seguindo-se um descasque. No caso do café pergaminho, esta operação consiste em retirar o endocarpo, enquanto no caso do café coco é retirada toda a matéria do fruto que não é semente. A descascadeira funciona por força centrífuga (Correia, 1990).

Durante a calibragem os grãos são separados com ajuda de peneiras: 1) por forma (normal, chato e moca) e; 2) por tamanho (calibres diferentes – do grão mais graúdo para o grão mais miúdo).

A catação é uma escolha onde são separadas as impurezas e imperfeições que não foram eliminadas nas operações mecânicas anteriores (Cardoso, 1994).

O armazenamento, feito em sacas de juta de 60 kg, pode ajudar a evitar a humidade dos *big bags* e dos contentores, que podem originar fungos e pragas com muita facilidade (Banks, et al., 1999).

1.6.5 Torra

A torra consiste em submeter os grãos de café a elevadas temperaturas durante um determinado período de tempo, em que estas temperaturas dependem sobretudo do tipo e origem do café, do torrador e das características pretendidas para o produto final.

Os diferentes graus que se podem obter são agrupados nos seguintes tipos: (Correia, 1990)

- Baixa ou leve – preserva mais os óleos aromáticos, proporcionando à bebida um aroma e sabor mais suave com menor amargor e uma acentuada acidez;
- Média – acentua o sabor e o aroma do café;
- Alta ou escura – ocorre perda de óleos aromáticos e uma bebida com pouco aroma - os grãos ficam com aspecto oleoso.

Durante a torra, a temperatura vai provocar alterações no interior do grão, tanto nas características físicas como nas químicas. Entre os 50 °C e os 100 °C ocorrem alterações dos tecidos que com a constante subida de temperatura leva a uma desnaturação das proteínas e a uma evaporação de água. Entre os 100 °C e os 150 °C os grãos sofrem um acastanhamento devido à decomposição térmica e à pirólise de compostos orgânicos, acompanhada de destilação seca. (Correia, 1990)

Dos 150 °C até aos 180 °C liberta-se o vapor de água, o dióxido de carbono e o monóxido de carbono que são responsáveis pelo aumento de volume dos grãos de café. Dos 180 °C até aos 270 °C os grãos começam a decompor-se e são acompanhados por um estalido, semelhante a pipocas, devido à ruptura do endosperma; podem ainda surgir fumos azulados e o aroma a café (Anexo 1).

Nas temperaturas acima de 270 °C ocorre a caramelização dos açúcares e por consequência os grãos adquirem progressivamente cor preta e perdem o aroma a café.

Em resumo, a torra, provoca as seguintes transformações nos grãos de café:

- Físicas: cor, aumento de volume, perda de massa, diminuição da densidade aparente, diminuição da resistência à pressão e diminuição da humidade;
- Químicas: formação do flavour, reacções de Maillard, degradação de Strecker, degradação de aminoácidos, degradação da trigonelina, degradação de açúcares, degradação dos ácidos fenólicos, degradação dos lípidos e interacção entre produtos intermédios de decomposição.

1.6.6 Constituição das formulações

A constituição das fórmulas, também conhecida por loteamento, é onde se faz a mistura de cafés de diferentes origens. A mistura promove a constituição de lotes, *blends*, com as características desejadas pela empresa de torrefacção, com o objectivo de enaltecer os

melhores atributos dos cafés utilizados, sem nunca esquecer as preferências dos consumidores.

É sugerido (Ferrão, 2009) que se deve proceder à confecção dos lotes após o processo de torra, devido aos diferentes tempo de torra necessários para os vários tipos de café, ou seja, far-se-á a torra das diferentes origens em separado e, posteriormente, far-se-á o loteamento. Porém, há quem defenda que a confecção dos lotes deva ser feita antes da torra do café verde, caso sejam pequenas as diferenças entre os diversos cafés que compõem o lote; de modo a beneficiar os cafés de qualidade inferior (café robusta), pois as temperaturas de torra fixam mais facilmente os aromas do café arábica quando este é misturado com outro na torra; visto o café torrado ser facilmente quebrado, o loteamento após torra poderia levar à fragmentação de café que se pretende embalar em grão.

1.7 Espectroscopia de infravermelho próximo

A radiação no infravermelho próximo corresponde à gama de números de onda que vão desde 12 000 aos 4000 cm^{-1} , tendo sido a primeira radiação a ser detectada fora da região do visível. Esta descoberta remonta a 1800, quando Herschel procurava descobrir qual era a corresponsável pelo aquecimento. Usando um prisma de vidro equipado com termómetros, detectou a existência de radiação na gama de energias imediatamente abaixo da região visível, próximo do vermelho, do espectro solar (Herschel, 1800). O interesse na espectroscopia NIR como técnica analítica iniciou-se muito mais tarde, nos anos 70 (séc. XX), com os trabalhos de Norris e colaboradores para análise de produtos agrícolas incluindo o desenvolvimento de um aparelho para medir o teor de humidade em cereais (Osborne, et al., 1993) (Williams & Norris, 2001).

A espectroscopia de infravermelho próximo (NIR), baseia-se na alteração do estado vibracional das moléculas por interacção com um feixe de fotões. O espectro de NIR é o resultado da absorção de combinações de banda (5200 - 4000 cm^{-1}) e sobretons (12000 - 5000 cm^{-1}) das vibrações fundamentais CH, NH OH e SH (Siesler, et al., 2002). Estes grupos funcionais estão presentes em todas as moléculas biológicas, o que a torna uma técnica universal.

A informação contida nos espectros NIR é multivariada, composta por bandas largas e fortemente sobrepostas e é influenciada por um conjunto de variáveis físicas, químicas e estruturais das amostras. As interacções entre átomos em moléculas diferentes, como as ligações por pontes de hidrogénio, alteram os estados vibracionais, provocando desvios nas bandas de absorção e originando outras através de diferenças na estrutura cristalina. Isto permite distinguir formas cristalinas e determinar propriedades físicas (densidade, viscosidade e dimensões das partículas em sólidos granulares). Por outras palavras, o espectro NIR contém não só informação química como também contém informação física que se pode usar para a caracterização química e física das amostras.

1.7.1 Vantagens da espectroscopia de infravermelho próximo

- i. Rapidez, a aquisição dos espectros demora tipicamente poucos segundos.
- ii. preparação das amostras, nula ou praticamente nula.
- iii. Rendimento elevado, (mais de 100 amostras por hora).
- iv. Elevada precisão e exactidão.
- v. Multicomponente, permite analisar simultaneamente diferentes parâmetros.

- vi. Simples de operar
- vii. Sem desperdícios, não polui
- viii. Não destrutivo.
- ix. Versátil, podem obter-se os espectros de líquidos; sólidos em pó, em grão, peças maciças, etc.
- x. Baixo custo, custo de manutenção e operação baixos, o custo inicial do equipamento é recuperado rapidamente devido ao número elevado de amostras que se podem analisar.

1.7.2 Análise em componentes principais (PCA)

A análise em componentes principais é a mais comum das análises multivariada (Esbensen, 2002). A análise de componentes principais (PCA) é uma técnica descritiva que permite encontrar estruturas subjacentes nos dados, estudar a correlação entre variáveis, detectar *outliers* ou observações extremas. Existem excelentes descrições dos fundamentos matemáticos da análise de componentes principais PCA (Malinowski, 1991) (Esbensen, 2002). Aqui apenas daremos uma visão geral da técnica. Os métodos mais comuns para a análise de PCA são a decomposição em valores singulares SVD e NIPALS (Brereton, 2000).

A análise PCA decompõe a matriz de dados \mathbf{X} em duas matrizes, a matriz \mathbf{U} (scores) e a matriz \mathbf{V}^T (loadings) (Figura 2). A matriz \mathbf{U} contém a mesma informação (variância) da matriz de dados originais. As colunas das matrizes \mathbf{U} e \mathbf{V} são as componentes principais. Os gráficos obtidos com as colunas de \mathbf{U} mostram a relação entre as amostras de \mathbf{X} . Os gráficos obtidos com as colunas (PC) de \mathbf{V} mostram as relações entre variáveis. A comparação dos dois gráficos anteriores mostra a relação entre as variáveis e as amostras. As duas matrizes \mathbf{U} e \mathbf{V} têm colunas ortogonais. Adicionalmente retendo apenas as componentes principais mais significativas separa-se a informação considerada útil, da restante considerada residual.

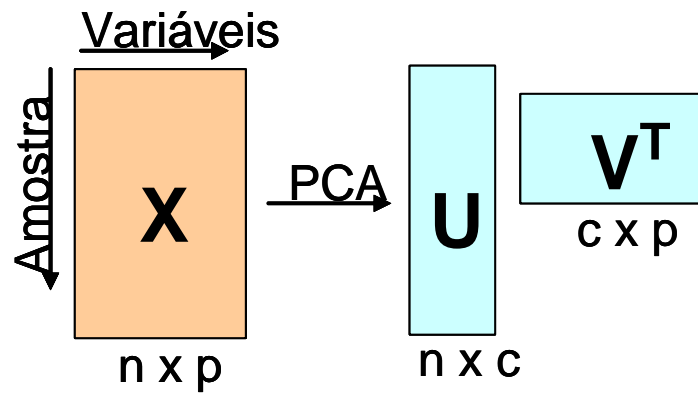


Figura 9 - Princípios de análise de componentes principais (PCA)

Na maioria dos casos o objectivo da análise de componentes principais está relacionado com encontrar a relação entre objectos (amostras), por exemplo encontrar classes de objectos similares. As classes podem ser conhecidas de antemão, mas podem também ser encontradas pela análise PCA. A detecção de amostras desviantes (*outliers*) é outro dos objectivos, por exemplo amostras desviantes que não pertencem a classes conhecidas. Outro dos objectivos é a redução de dimensões da matriz de dados.

II Parte Experimental

2.1 Material e Métodos

2.1.1 Amostras de café

Neste estudo foram utilizadas 54 amostras de café torrado em grão, cedidas pela empresa Nutricafés – Cafés e Restauração, S A. Das 54 amostras, 48 amostras correspondem a três diferentes formulações (gamas), com diferença ao nível da quantidade e origem dos cafés verdes que as constituíam (Quadro 8). As restantes 6 amostras são café torrado de origens, em que 3 amostras são origens de café arábica e as outras 3 amostras são de café robusta (Figura 12).

Quadro 8 - Caracterização geral das Gamas de café torrado estudadas (%)

Formulação (Gama) (G)	Café Robusta	Café Arábica
1A	100	0
3A	70	30
5A	50	50

Em cada gama foram estudadas amostras com diferentes tempos de armazenamento, nomeadamente 0, 4, 6, 7, 9, 12, 15, 21, 22 e 23 meses.

As amostras estavam acondicionadas em embalagens Triplex de 1 kg e de 250 g munidas de desgaseificação unidireccional.

As amostras estão identificadas com código, **GLNN**, em que cada letra significa: **G** – a gama a que o lote pertence; **L** – o lote (1º ou 2º) e **NN** – os meses decorridos entre a produção e a análise (interpretado, neste trabalho como “tempo de armazenamento”).

As amostras de café verde foram torradas na Nutricafés em torradores Probat de laboratório. Procedeu-se a uma torra média, em que a temperatura máxima atingida foi de 200 °C e a duração de 10 min., tanto para o café arábica, como para o café robusta.

A moenda das amostras foi efectuada num moinho de café profissional marca PROMAC, modelo MD 64/AT (Figura 11), regulado para obter uma granulometria de 25 mesh, (710 μm).



Figura 10 - Moinho de café automático PROMAC¹⁵

¹⁵ Fonte: http://www.promacitalia.rancilio.fabbricadigitale.it/inglese/mac_md_gb.html

Nº Amostra	Gama	Produzidas em (mês/ano)	Formula	Código amostra analisada JUNHO	Código amostra analisada OUTUBRO
1	1A	jul/10	100 % Robustas	1A23	-
2		jul/10		1B23	
3		set/10		1A21	
4		set/10		1B21	
5		jun/11		1A12	
6		jun/11		1B12	
7		set/11		1A09	
8		set/11		1B09	
9		dez/11		1A06	
10		jan/12		-	1A09
11		mar/12			1A07
12		jun/12			1A04
13		set/12			1A00
14	3A	jul/10	30 % Arábicas + 70 % Robustas	3A23	-
15		jul/10		3B23	
16		ago/10		3A22	
17		ago/10		3B22	
18		set/10		3A21	
19		set/10		3B21	
20		mar/11		3A15	
21		mar/11		3B15	
22		jun/11		3A12	
23		jun/11		3B12	
24		set/11		3A09	
25		dez/11		3A06	
26		dez/11		3B06	
27		jan/12		-	3A09
28		mar/12			3A07
29		jun/12			3A04
30		set/12			3A00
31	5A	jul/10	50 % Arábicas + 50 % Robustas	5A23	-
32		jul/10		5B23	
33		ago/10		5A22	
34		ago/10		5B22	
35		set/10		5A21	
36		set/10		5B21	
37		mar/11		5A15	
38		mar/11		5B15	
39		jun/11		5A12	
40		jun/11		5B12	
41		set/11		5A09	
42		set/11		5B09	
43		dez/11		5A06	
44		dez/11		5B06	
45		jan/12		-	5A09
46		mar/12			5A07
47		jun/12			5A04
48		set/12			5A00
49	Origem	out/12	Café Arábica	-	AR1
50		out/12			AR2
51		out/12			AR3
52	Origem	out/12	Café Robusta	-	RO1
53		out/12			RO2
54		out/12			RO3

Figura 11 - Informações detalhadas sobre as 54 amostras

2.1.2 Equipamento e programa utilizados na análise

Os espectros foram obtidos num espectrofotómetro FT-NIR MPA (Bruker Optics, Alemanha) (Figura 12) no modo de reflectância difusa. O instrumento está equipado com uma esfera de integração com um acessório rotativo.

O programa utilizado foi o *software* OPUS™, v. 7.0 (Bruker Optics, Alemanha) que permitiu a criação de modelos (i. e. selecção de espectros e números de ondas, pré-tratamento matemático e análise estatística recorrendo à análise em componentes principais).



Figura 12 - Espectrofotómetro MPA FT-NIR, Bruker Optics¹⁶

2.1.3 Descrição da análise

Os espectros foram obtidos directamente nas amostras moídas para garantir a uniformização da quantidade de amostra analisada. Foram tomados cuidados em relação à quantidade de amostra, de modo a garantir que a superfície do copo de amostragem estava coberta.

Cada espectro é a média da co-adição de 100 espectros (scans) com resolução de 8 cm^{-1} dentro da gama de números de ondas de $12\,000 - 4\,000\text{ cm}^{-1}$.

O pré-processamento que foi aplicado foi a 2ª derivada (Anexos 4.3, 4.4, 4.5).

O estudo, como referido anteriormente, incidiu sobre 48 amostras das quais 36 foram analisadas numa primeira fase do trabalho e as restantes 18 numa segunda fase, de modo,

¹⁶ Fonte: <http://www.bruker.com.br/optics/ftNirAnalizadorMultiPropositoMpa.html>

a se poder esclarecer algumas questões que surgiram após a análise do primeiro conjunto de amostras.

A estabilização utilizada nas 36 amostras analisadas em Junho foi feita em estufa com temperatura a 22 °C e HR a 50%.

2.2 Resultados e Discussão

Dada à vasta informação cedida pelo espectro do FT-NIR, foi feita uma restrição utilizando apenas uma zona do espectro. Essa restrição foi feita a partir do espectro inicial de 12 000 – 4 000 cm^{-1} para 6 100 – 5450 cm^{-1} . Nesta restrição foi possível observar com algum detalhe as informações mais relevantes para este trabalho.

2.2.1 Amostras não estabilizadas vs. Amostras estabilizadas

Na figura seguinte (Figura 13), podemos verificar que as amostras das diferentes gamas estão bem separadas. Ao longo da primeira componente (PC1) separam-se os cafés robusta puros (azul) das misturas robusta/arábica (30/70 a verde e 50/50 a laranja).

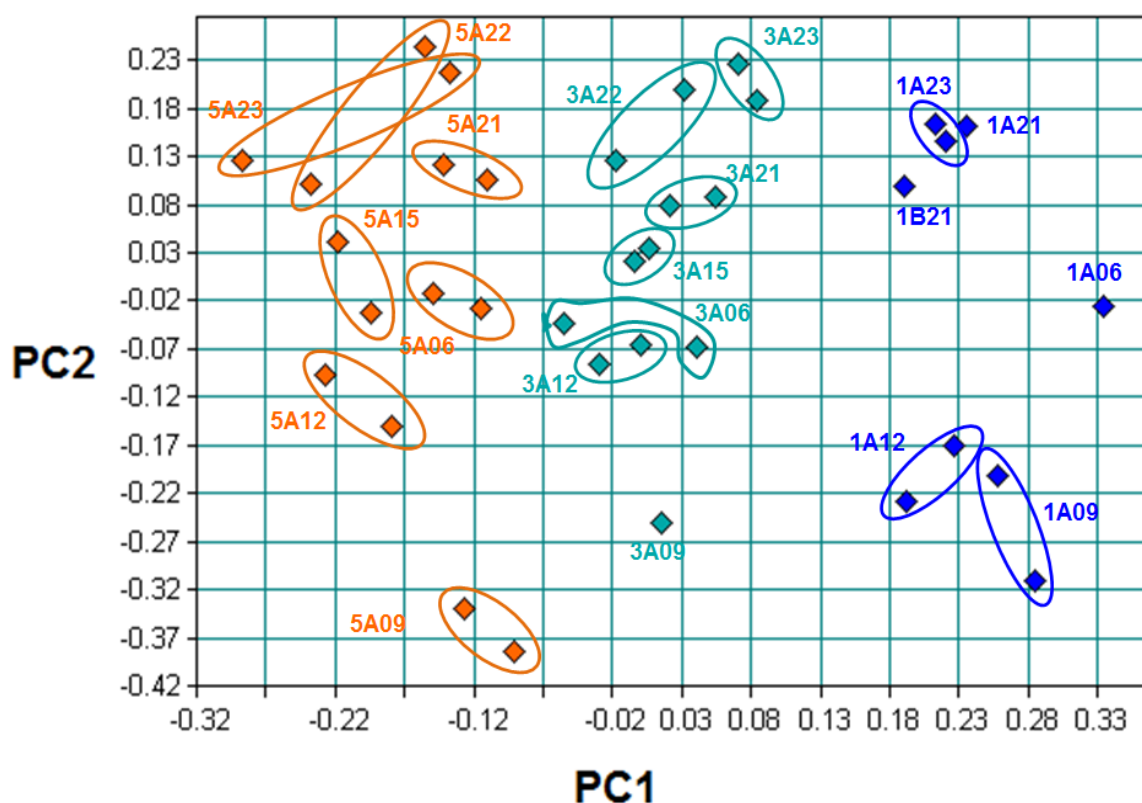


Figura 13- Projecção das amostras de café sobre o plano PC1x PC2 definido pelas duas componentes Principais resultantes da análise das 36 amostras analisadas em Junho (sem estabilização)

(Legenda de cores: Cor Laranja=Gama 5A, com 50% robusta; Cor Ciano-escuro=gama 3A, com 70% robusta; Cor Azul= gama 1A, com 100% robusta. NN – tempo de armazenamento em meses)

Ao longo da segunda componente principal as amostras separam-se de acordo com o tempo de armazenamento após a torra, dada a sequencia em que se distribuem as

amostras: as amostras, com tempo de armazenamento inferior a 12 meses, situam-se na parte inferior, enquanto as amostras com tempo de armazenamento superior a 12 meses vão situar-se na parte superior do gráfico. De notar que é evidente a ocorrência de um efeito externo, pois as amostras com 6 meses de armazenamento (5A06, 3A06 e 1A06) fogem a este padrão provavelmente devido a modificações pontuais ocorridas no sistema produtivo.

Analisando a figura seguinte (Figura 14), que mostra a análise das mesmas amostras, mas que foram sujeitas a uma estabilização de temperatura e humidade, verifica-se que não se justifica fazer uma estabilização pois a humidade é baixa (à volta dos 3%) e as características dos *blends* dependem do grau de torra de cada origem que define, para além da composição química da semente, também o teor de humidade.

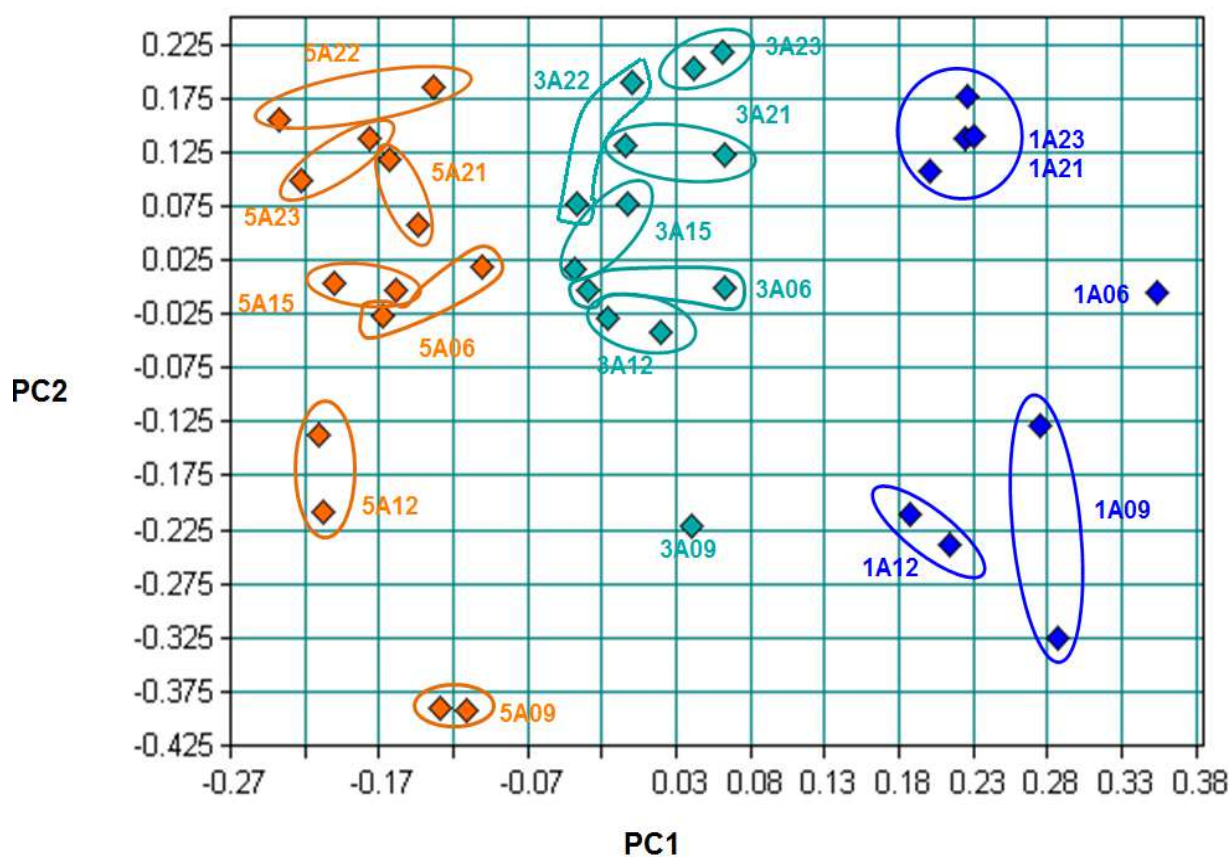


Figura 14 - Projecção das amostras de café sobre o plano PC1x PC2 definido pelas duas componentes Principais resultantes da análise das 36 amostras analisadas em Junho (com estabilização)

(Legenda de cores: Cor Laranja=Gama 5A, com 50% robusta; Cor Ciano-escuro=gama 3A, com 70% robusta; Cor Azul= gama 1A, com 100% robusta. NN – tempo de armazenamento em meses)

2.2.2 Análise das amostras com diferentes formulações

A análise seguinte resulta do estudo das 36 amostras analisadas em Junho e do segundo grupo de amostras que incluía 12 amostras das mesmas gamas (1A, 3A, 5A com tempos de armazenamento de 0 meses, 4 meses, 7 meses e 9 meses) e 3 origens diferentes de arábica e outras 3 de robusta.

Como se pode verificar na figura seguinte (Figura 15), a PC1 continua a ser a quantidade de café robusta presente em cada gama, sendo que as seis origens, três arábicas e três robustas, marcam um limite. A presença das origens permite-nos ver quais as origens que mais influenciam os *blends*, e de como os *blends* se comportam entre si.

Os *blends* 3A e 5A estão bastante próximos um do outro, podendo referir-se a características de loteamento.

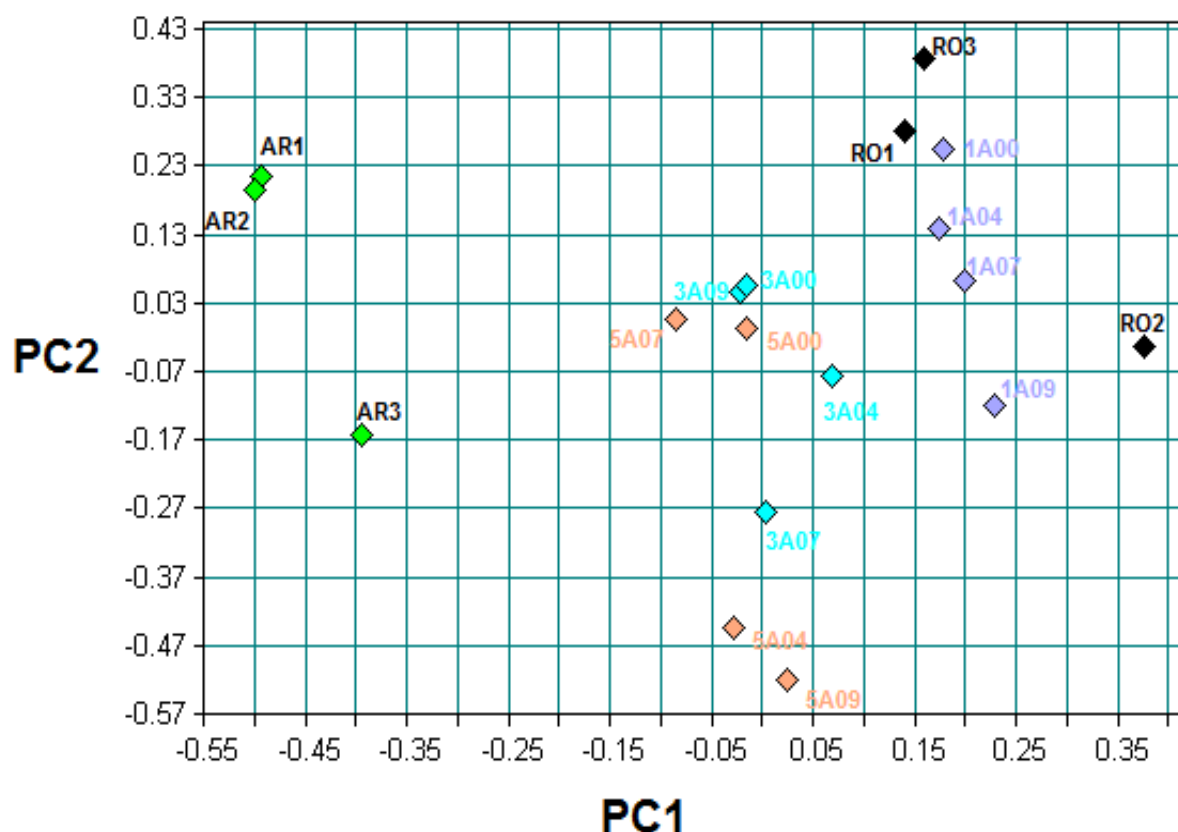


Figura 15 - Projecção das amostras de café sobre o plano PC1x PC2 definido pelas duas componentes Principais resultantes da análise das 18 amostras analisadas em Outubro

(Legenda de cores: Cor Verde=origens café arábica; Cor Preta=origens café robusta; Cor Salmão=Gama 5A, com 50% robusta; Cor Turquesa=gama 3A, com 70% robusta; Cor Azul Claro= gama 1A, com 100% robusta. NN – tempo de armazenamento em meses)

Na figura seguinte (Figura 16) é evidente uma diferença entre as origens, sendo que duas origens, RO1 e RO3, estão muito próximas e que a origem RO2 está mais afastada. Também podemos observar que as duas origens RO1 e RO3 estão mais próximas das amostras 1A00, 1A04, 1A07 e 1A09 e das 1A23 e 1A21, sendo que a origem RO2 tem influência nas amostras intermédias. Esta discriminação pode dever-se mais ao grau de torra do que à formulação da gama, sendo este o PC1 para esta análise.

As amostras da gama 1A apresentam um comportamento linear em PC2, no que toca ao tempo de armazenamento, e pode-se verificar que as amostras com tempos de armazenamento inferior a 12 meses apresentam um comportamento linear mas no sentido contrario às amostras com tempo de armazenamento superior a 12 meses, que pode ser devido a alterações ao nível da formulação, com excepção da amostra 1A09,

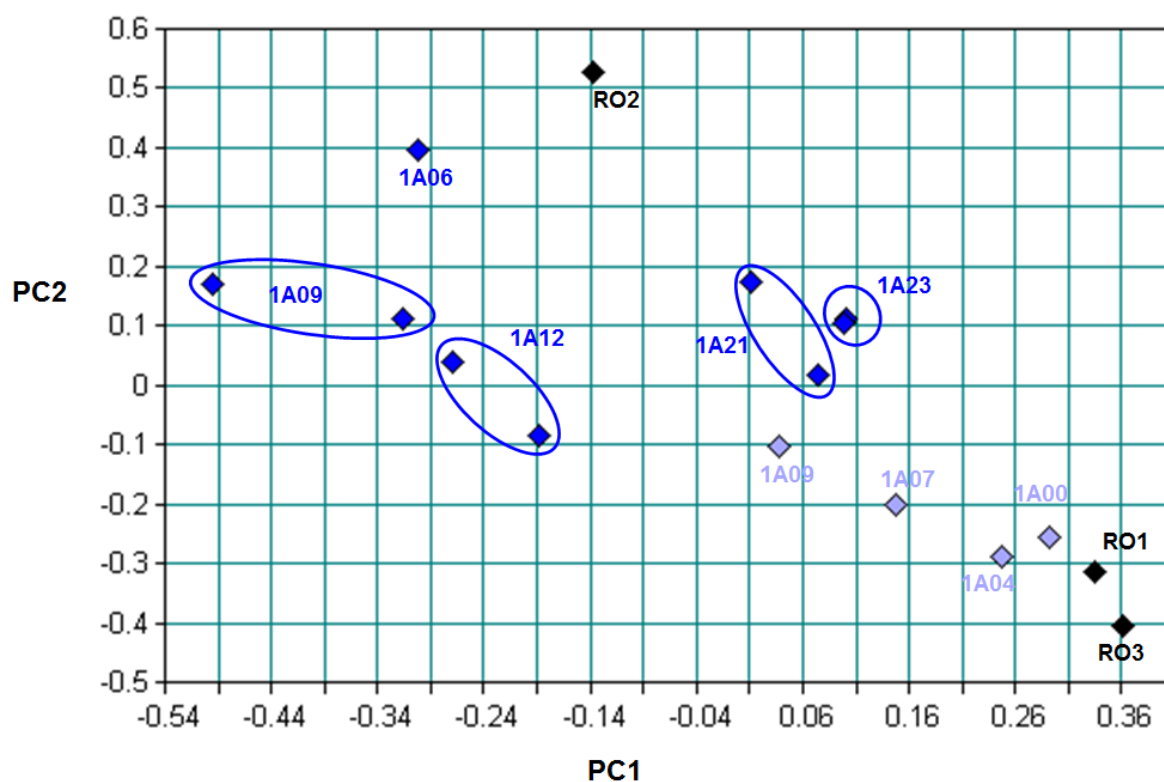


Figura 16 - Projecção das amostras de café sobre o plano PC1x PC2 definido pelas duas componentes Principais resultantes da análise das amostras Com 100% café robusta

(Legenda de cores:; Cor Preta=origens café robusta; Cor Azul=gama 1A, com 100%robusta (amostras analisadas em Junho); Cor Azul Claro= gama 1A, com 100% robusta (amostras analisadas em Outubro). NN – tempo de armazenamento em meses)

Na figura seguinte (Figura 17), verifica-se novamente a discriminação em termos de quantidade de café robusta como PC1. A PC2 demonstra o tempo de armazenamento das amostras.

As amostras com um tempo de armazenamento superior a 12 meses apresentam um comportamento linear em PC2, as amostras com tempos de armazenamento inferior a 12 meses não apresentam um comportamento linear potencialmente devido a alterações ao nível da formulação, com excepção da amostra 3A09.

Podemos também observar que as origens robustas, apesar de afastadas entre si, têm mais influência nas amostras 3A21 e 3A23, podendo, esta influência existir devido à formulação efectuada.

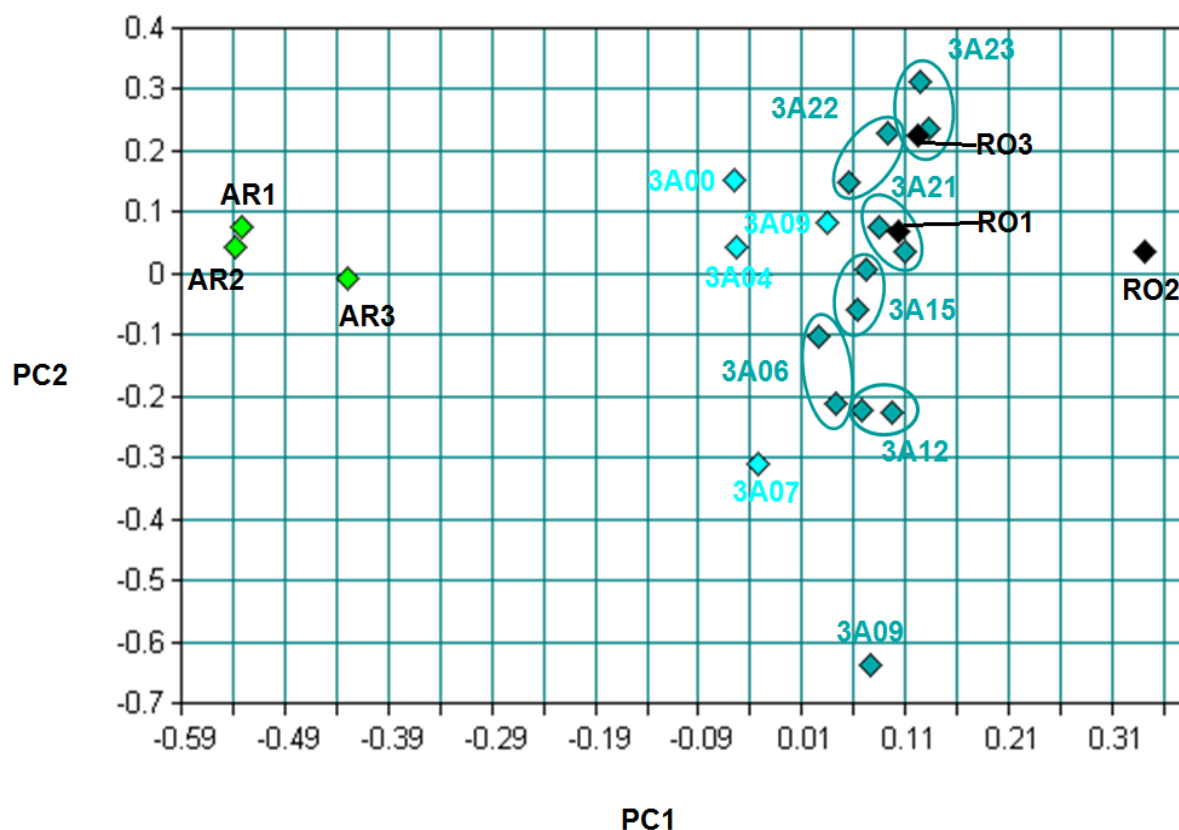


Figura 17 - Projecção das amostras de café sobre o plano PC1x PC2 definido pelas duas componentes Principais resultantes da análise das amostras Com 70% café robusta

(Legenda de cores:; Cor Preta=origens café robusta; Cor Verde: origens café arábica; Cor Ciano-escuro=gama 3A, com 70%robusta (amostras analisadas em Junho); Cor Turquesa= gama 3A, com 70% robusta (amostras analisadas em Outubro). NN – tempo de armazenamento, em meses)

Na figura seguinte (Figura 18) onde são analisadas as amostras com 50% de café robusta, verifica-se que as amostras analisadas em Junho apresentam-se bem misturadas com as amostras analisadas em Outubro, podendo significar que o loteamento foi realizado de maneira idêntica. A PC1 continua a ser a quantidade de café robusta presente nas gamas e a PC2 indica o tempo de armazenamento. As amostras com um tempo de armazenamento superior a 12 meses apresentam um comportamento linear em PC2, as amostras com tempos de armazenamento inferior a 12 meses não apresentam um comportamento linear possivelmente devido a alterações ao nível da formulação, com excepção da amostra 5A09.

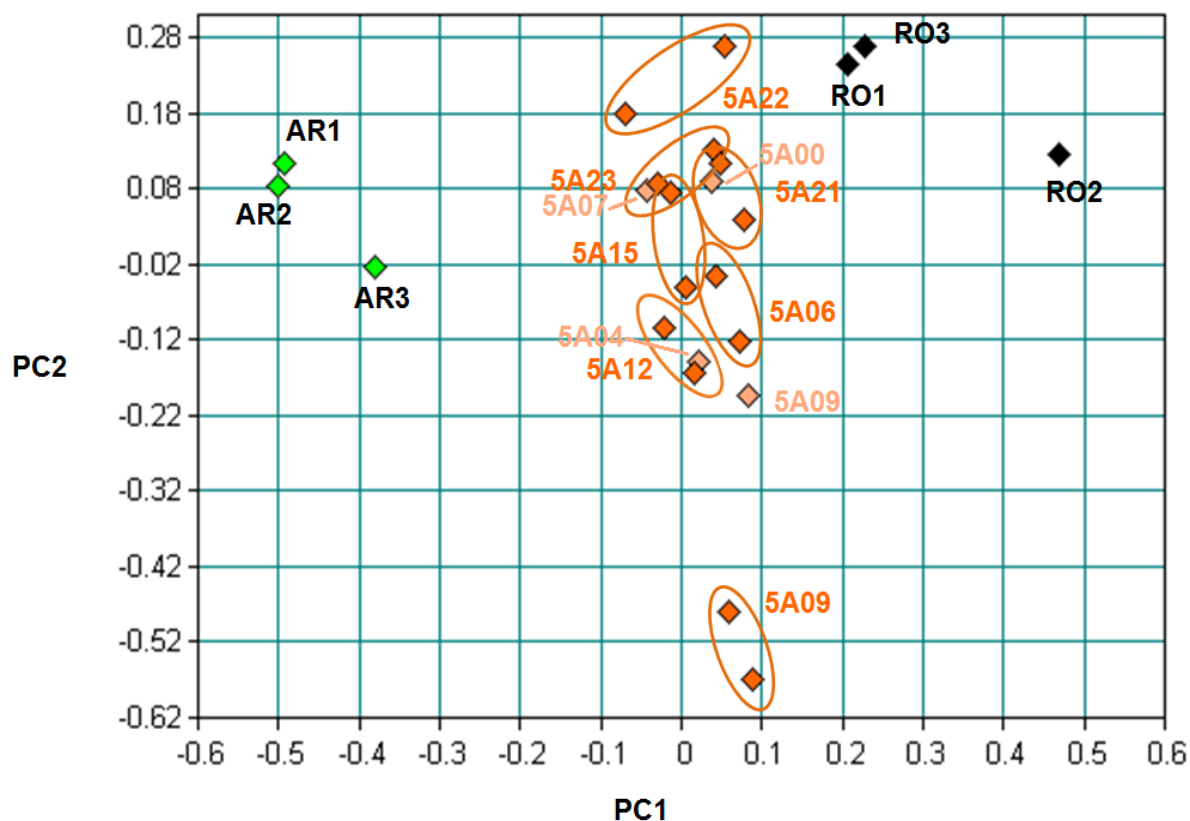


Figura 18 - Projecção das amostras de café sobre o plano PC1x PC2 definido pelas duas componentes Principais resultantes da análise das amostras Com 50% café robusta

(Legenda de cores:; Cor Preta=origens café robusta; Cor Verde: origens café arábica; Cor Laranja=gama 5A, com 50%robusta (amostras analisadas em Junho); Cor Salmão= gama 5A, com 50% robusta (amostras analisadas em Outubro). NN – tempo de armazenamento, em meses)

Por último, na figura seguinte (Figura 19), tal como anteriormente referido, a PC1 é a quantidade de café robusta presente em cada amostra, sendo as origens os extremos. Podemos também observar que as amostras com tempo de armazenamento inferior a 12 meses têm um comportamento diferente que as amostras com tempo de armazenamento superior a 12 meses possivelmente devido a uma alteração nas formulações.

Pode-se dizer que as origens de café robusta têm uma influência maior nas gamas 1A e 3A e que a gama 5A está bem enquadrada entre as origens de café robusta e as origens de café arábica.

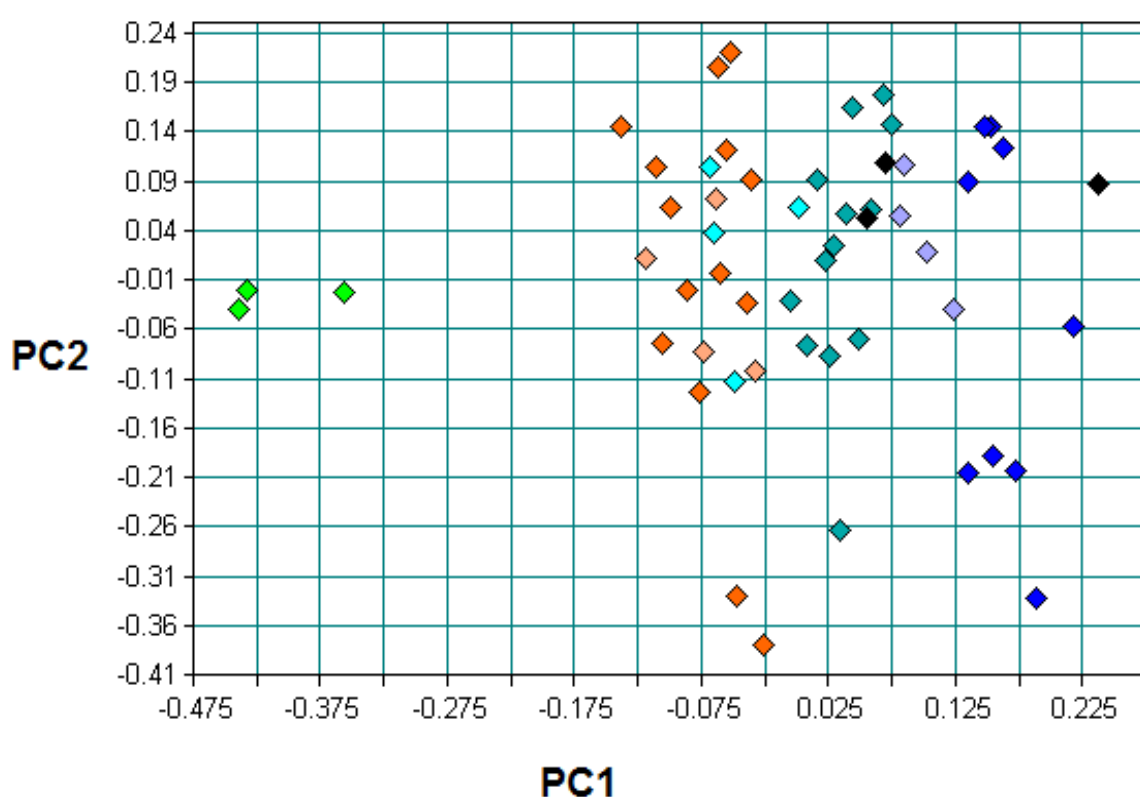


Figura 19 - Projecção das amostras de café sobre o plano PC1x PC2 definido pelas duas componentes Principais resultantes da análise das 54 amostras totais

(Legenda de cores: Cor Preta=origens café robusta; Cor Verde: origens café arábica; Cor Laranja=gama 5A, com 50%robusta (amostras analisadas em Junho); Cor Salmão= gama 5A, com 50% robusta (amostras analisadas em Outubro); Cor Ciano-escuro=gama 3A, com 70%robusta (amostras analisadas em Junho); Cor Turquesa=gama 3A, com 70% robusta (amostras analisadas em Outubro); Cor Azul=gama 1A, com 100%robusta (amostras analisadas em Junho); Cor Azul claro= gama 1A, com 100% robusta (amostras analisadas em Outubro). NN – tempo de armazenamento em meses)

2.3 Conclusões

O estudo incidiu sobre um conjunto de amostras com diferentes tempos de armazenamento após a torra (0, 4, 6, 7, 9, 12, 15, 21, 22 e 23 meses) por forma a acompanhar as diferentes características de vários *blends* de café, tal como de algumas origens de café, com o objectivo de constatar as modificações que se verificavam, a vários níveis.

Observamos uma clara discriminação das formulações em termos de percentagem de café robusta presente nas amostras com 70% Robusta e com 50% Robusta, sendo esta uma variável importante neste estudo.

Outra variável que se mostrou significativa foi o tempo de armazenamento, estando presente como PC2 em todas as análises efectuadas.

Por último observou-se uma discriminação, nas amostras com 100% Robusta, que a sua discriminação principal é feita pelo grau de torra.

Quanto às origens, as origens de café robusta têm uma maior influencia em todas as amostras que as origens arábicas, podendo este facto dever-se às formulações dos lotes.

Na análise às amostras da gama 3A e 5A verificou-se que a PC2 indica o tempo de armazenamento para as amostras com tempo de armazenamento superior a 12 meses, pois apresenta um comportamento linear. Nas amostras com tempo de armazenamento inferior a 12 meses a formulação da gama pode ter alguma influência e por isso o seu comportamento não é tão linear como das outras amostras.

III Referências Bibliográficas

Banks, M., McFadden, C. & Atkinson, C., 1999. *The World encyclopedia of coffee*. Londres: Anness Publishing Ltd..

Bicho, N. C. C. et al., 2011. *O Café: Origens, Produção, Processamento e Definição de Qualidade*. 1 ed. Lisboa: Escolar Editora.

Brereton, R. G., 2000. *Introduction to Multivariate Calibration in Analytical chemistry*. s.l.:Analyst.

Cardoso, A. P. S., 1994. *Café - Cultura e Tecnologia primária*. s.l.:Instituto de Investigação Tropical.

Clarke, R. J., 1987. Green Coffee Processing. Em: *Coffee, botany, biochemistry and production os beans and beverage*. Nova York: Croom Helm e Methuen Inc..

Clifford, M. N. & Willson, K. C., 1985. *Coffee; botany, biochemistry and production of beans and beverage*. Londres: Croom Helm.

Correia, M. N. G., 1990. *Influência da torra na evolução dos ácidos clorogénicos do café*. Lisboa: Dissertação de Doutoramento, Instituto Superior de Agronomia, Universidade Técnica de Lisboa.

Correia, M. N. G., 1995. *Manual da Tecnologia do café*. Porto: Cultivar - Associação dos Técnicos de Culturas Tropicais.

ECF, E. C. F., 2012. *European Coffee Report 2011/2012*. [Online]
Available at: <http://www.ecf-coffee.org/publications>
[Acedido em 09 10 2012].

Esbensen, K., 2002. *Multivariate Analysis in Prattice*. Oslo: Camo AS.

Esteban-Díez, I., González-Sáiz, J. M., Sáenz-González, C. & Pizarro, C., 2007. Coffee Varietal Differentiation Based on Near Infrared Spectroscopy. *Talanta*, 1(71), pp. 221 - 229.

FAO, F. a. A. O. o. t. U. N., 2012. *FAOSTAT*. [Online]
Available at: <http://faostat3.fao.org/home/index.html#DOWNLOAD>
[Acedido em 10 10 2012].

Ferrão, J. E. M., 2005. *A aventura das plantas e os descobrimentos portugueses*. Lisboa: Chaves Ferreira Publicações S. A..

Ferrão, J. E. M., 2009. *O café - A bebida negra dos sonhos claros*. Lisboa: Chaves Ferreira Publicações S. A..

Herschel, W., 1800. *Investigation of the powers of the prismatic colours to heat and illuminate objects..* 1800 ed. Londres: Philosophical Transactions of the Royal Society of London.

Hindle, P. H., 2001. Historical Development. Em: *Handbook of Near-Infrared Analysis*. Nova York: Marcell Dekker, Inc., pp. 1-6.

ICO, I. C. O., 2012. *International Coffee Organization ICO*. [Online]
Available at: <http://www.ico.org/botanical.asp>
[Acedido em 10 06 2012].

Malinowski, E. R., 1991. *Factor analysis in Chemistry*. Nova Iorque: Wiley.

McCarthy, W. J. & Kemeny, G. J., 2001. Fourier Transform Spectrophotometers in the Near-Infrared. Em: *Handbook of Near-Infrared Analysis*. Nova York: Marcel Dekker, Inc., pp. 71-90.

Nicolet, T., 2002. *FT-IR vs. Dispersive Infrared*. [Online]
Available at: http://www.thermo.com/eThermo/CMA/PDFs/Product/productPDF_21611.pdf
[Acedido em 20 08 2012].

Osborne, B. G., 2006. Near-Infrared Spectroscopy in Food Analysis. Em: R. A. Meyers, ed. *Encyclopedia of Analytical Chemistry*. Australia: John Wiley & Sons Ltd.

Osborne, B. G., Fearn, T. & Hindle, P. H., 1993. *Practical NIR Spectroscopy with Applications in Food and Beverage Analysis*. Harlow: Longman Scientific-Technical.

Siesler, H. W., Ozaki, Y., Kawata, S. & Heise, H. M., 2002. *Near Infrared Spectroscopy: Principles, Instruments, Applications*. Weinheim: Wiley-VCH.

Smith, L. I., 2012. *Spring Conference on Computer Graphics*. [Online]
Available at: http://www.sccg.sk/~haladova/principal_components.pdf
[Acedido em 30 08 2012].

USDA, U. S. D. o. A., 2012. *Coffee: World Markets and Trade*. [Online]
Available at: <http://www.fas.usda.gov/psdonline/circulars/coffee.pdf>
[Acedido em 10 10 2012].

Williams, P. & Norris, K., 2001. *Near-Infrared Tecnology in the agricultural and Food Industries*. St. Paul: American association of Cereal Chemists.

IV Anexos

Anexo 1 – Evolução da torra no café



> 270 °C

- Grãos pretos evoluindo para carvão
- Perda de aroma

180 °C - 270 °C

- Menor Liberação de fumos
- Aroma atinge o seu pleno desenvolvimento
- Enegrecimento dos grãos
- Aparecimento de um exudado brilhante à superfície
- Os grãos começam a tornar-se friáveis
- Os grãos crepitam



150 °C - 180 °C

- Liberação do aroma característico
- Escurecimento dos grãos
- Aumento de volume
- Liberação de CO e CO₂
- Fumos azulados dos gases de combustão

100 °C - 150 °C

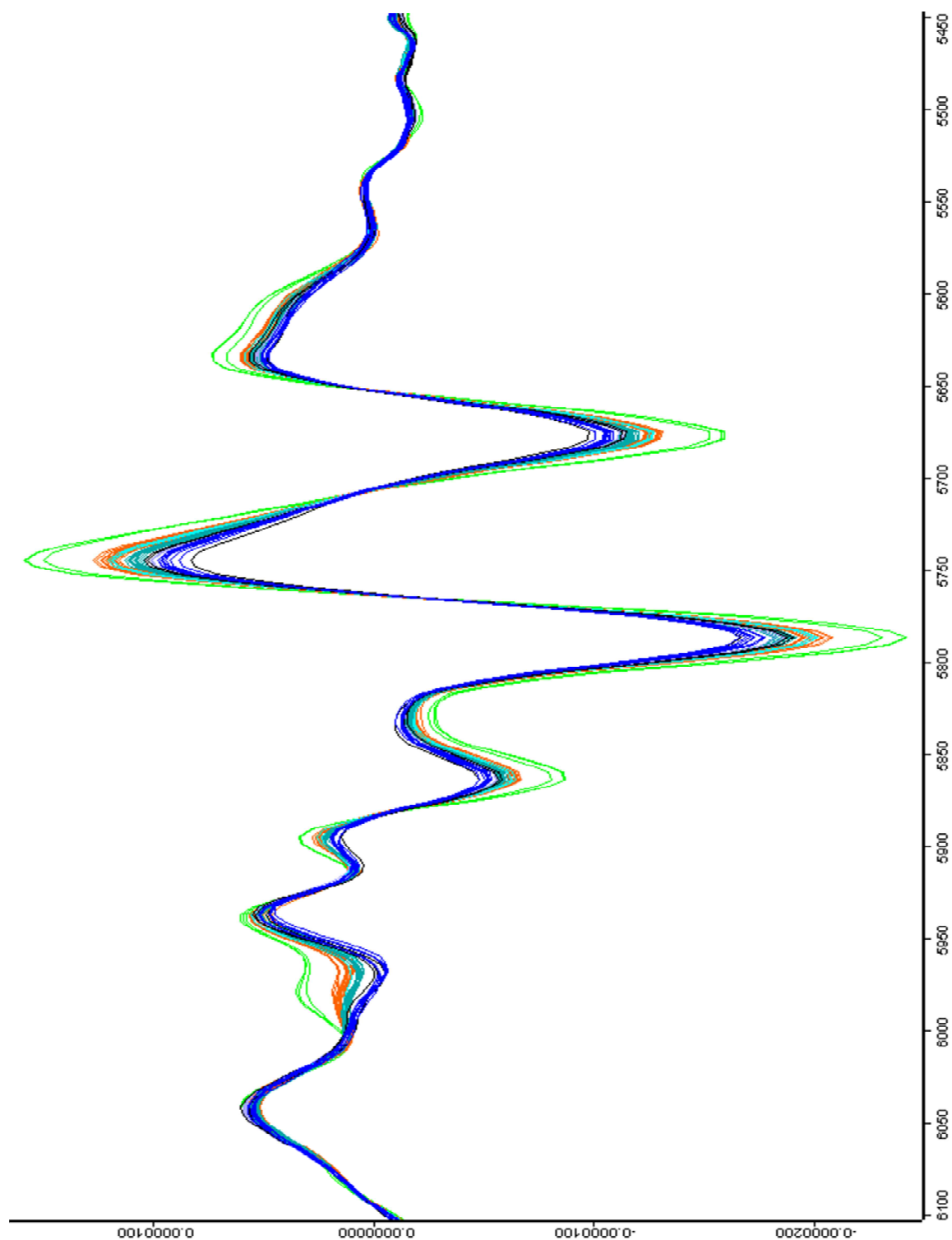
- Cor acastanhada que vai progredindo lentamente
- Aroma a produtos torrados
- Ainda não se identifica o aroma a café



50 °C - 100 °C

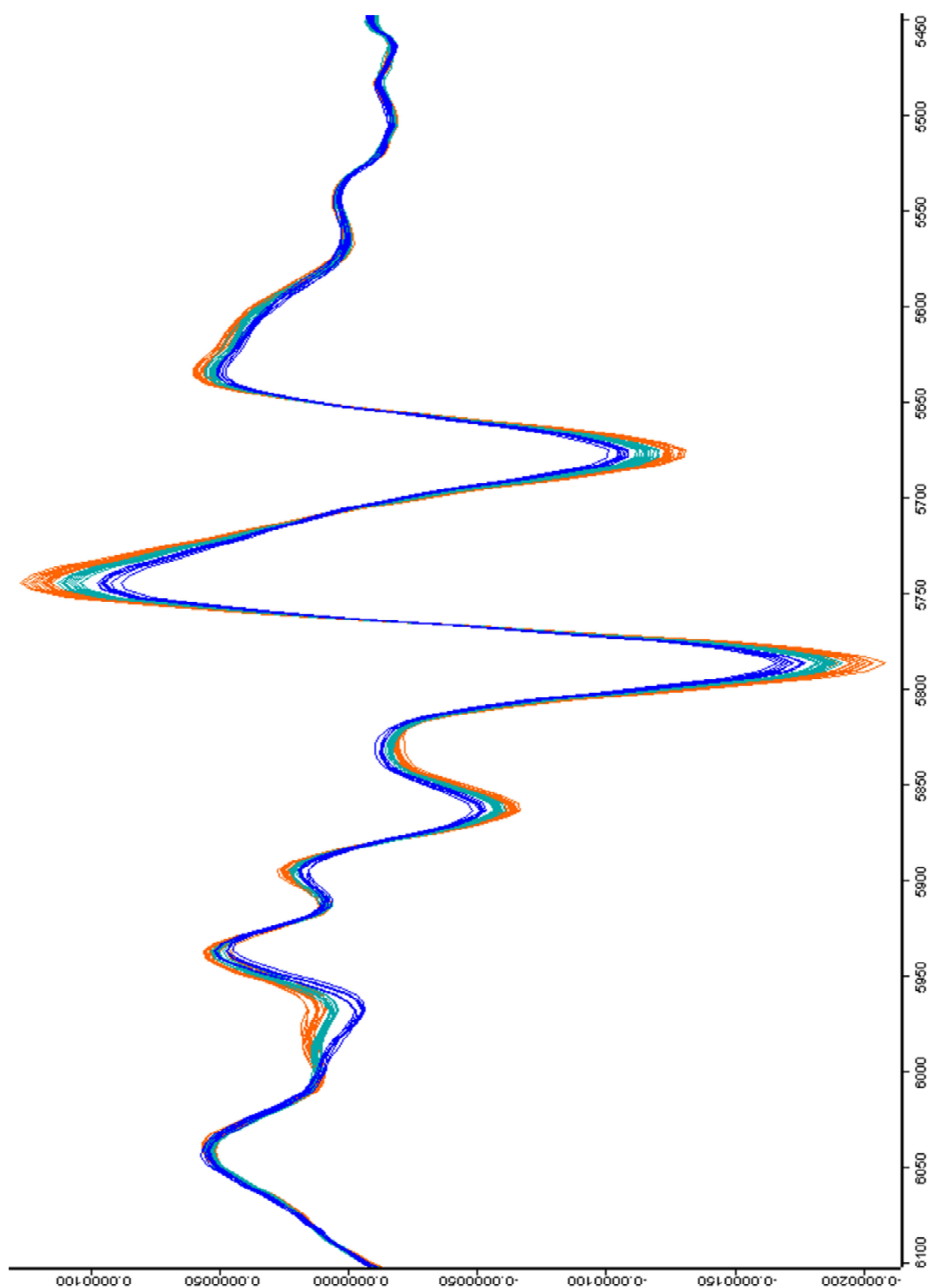
- Cor muda de verde para amarelo
- Liberação de vapor de água e odor a pão cozido

Anexo 2 – 2ª Derivada das 54 amostras totais



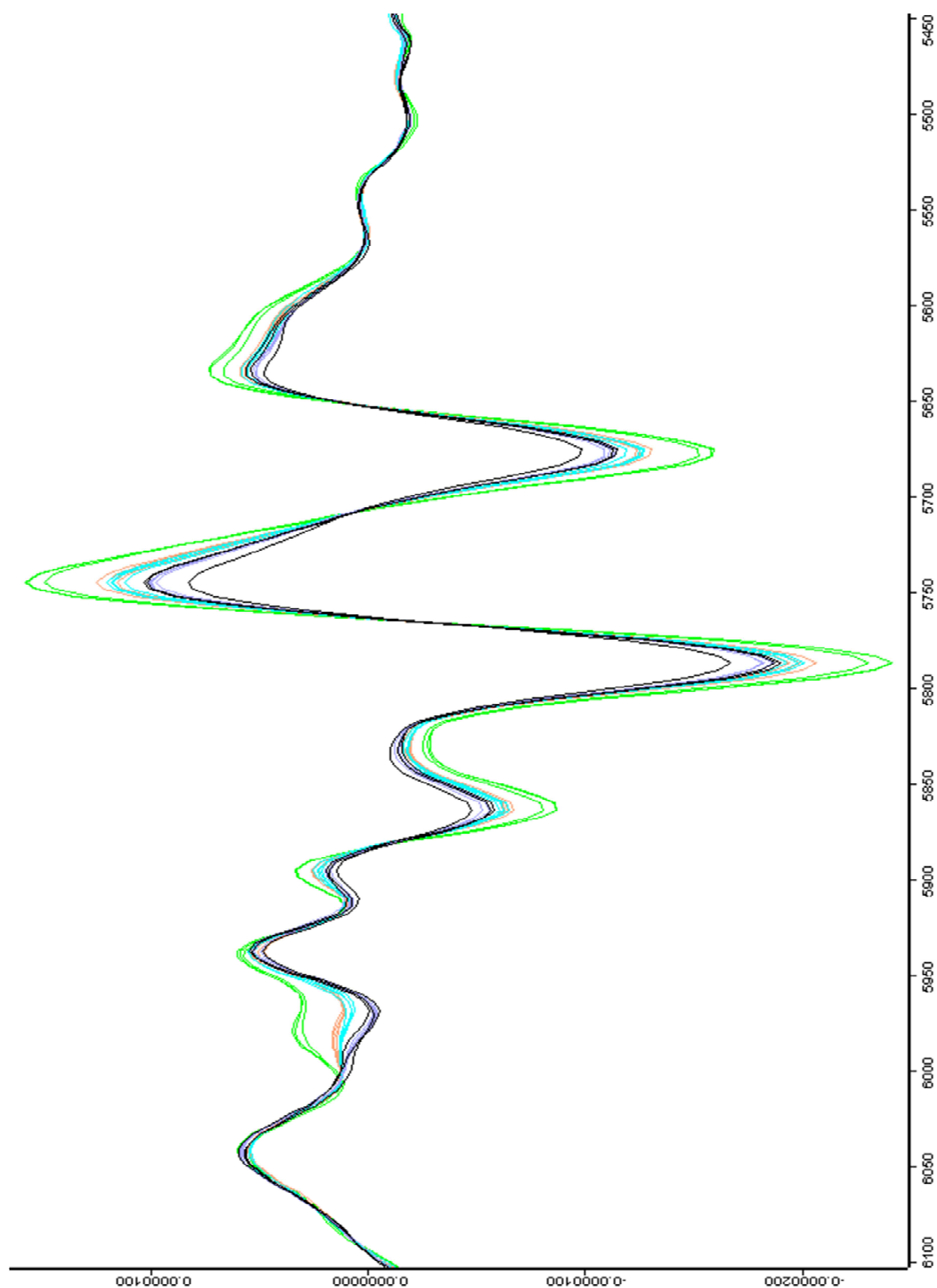
1 - Legenda de cores: Cor Preta=origens café robusta; Cor Verde: origens café arábica; Cor Laranja=gama 5A, com 50%robusta (amostras analisadas em Junho); Cor Salmão= gama 5A, com 50% robusta (amostras analisadas em Outubro); Cor Ciano-escuro=gama 3A, com 70%robusta (amostras analisadas em Junho); Cor Turquesa= gama 3A, com 70% robusta (amostras analisadas em Outubro); Cor Azul=gama 1A, com 100%robusta (amostras analisadas em Junho); Cor Azul claro= gama 1A, com 100% robusta (amostras analisadas em Outubro). NN – tempo de armazenamento em meses

Anexo 3 – 2ª Derivada das 36 amostras analisadas em Junho



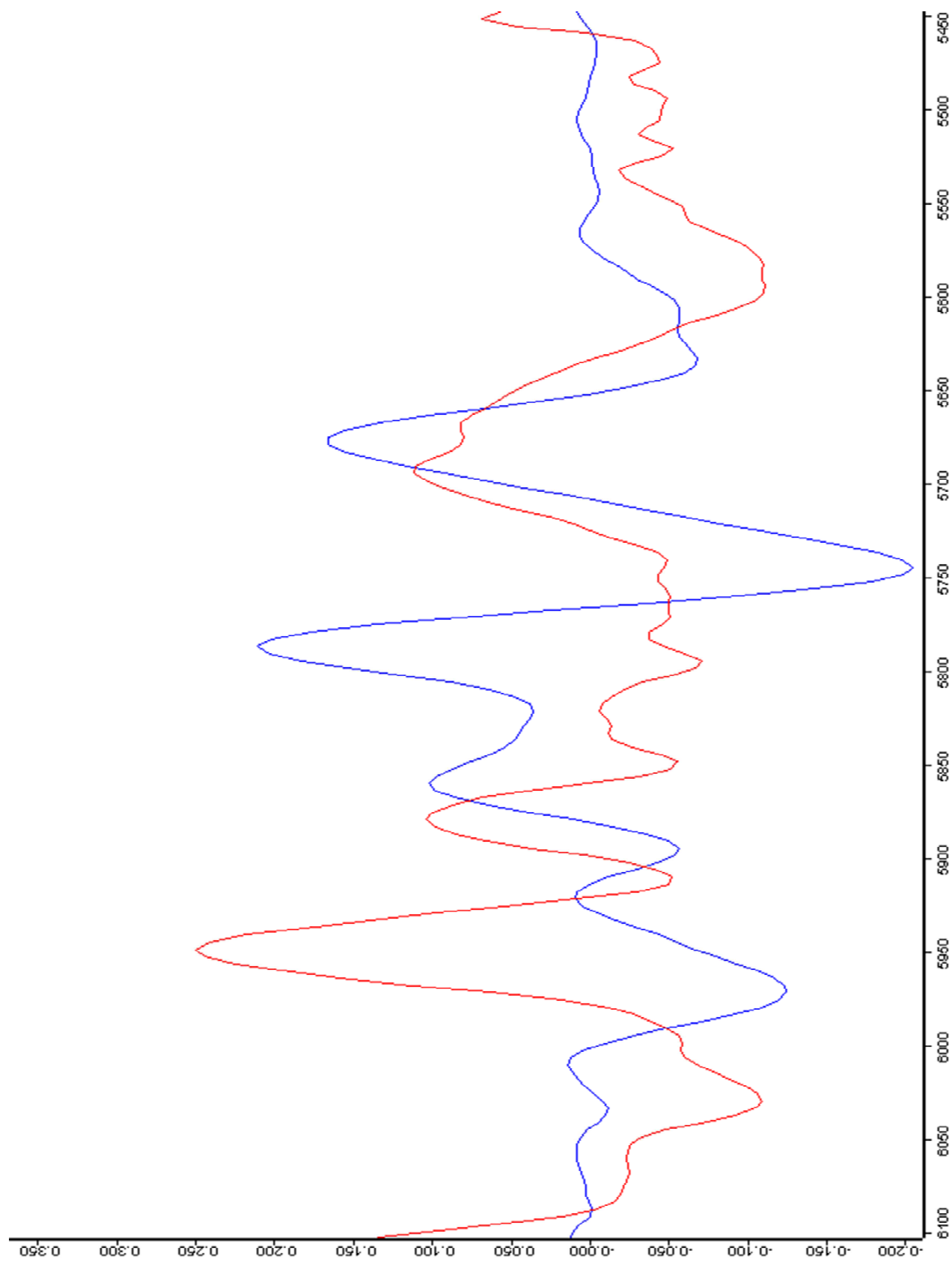
2 - Legenda de cores: Cor Laranja=Gama 5A, com 50% robusta; Cor Ciano-escuro=gama 3A, com 70% robusta; Cor Azul= gama 1A, com 100% robusta. NN – tempo de armazenamento em meses

Anexo 4 – 2ª Derivada das 18 amostras analisadas em Outubro



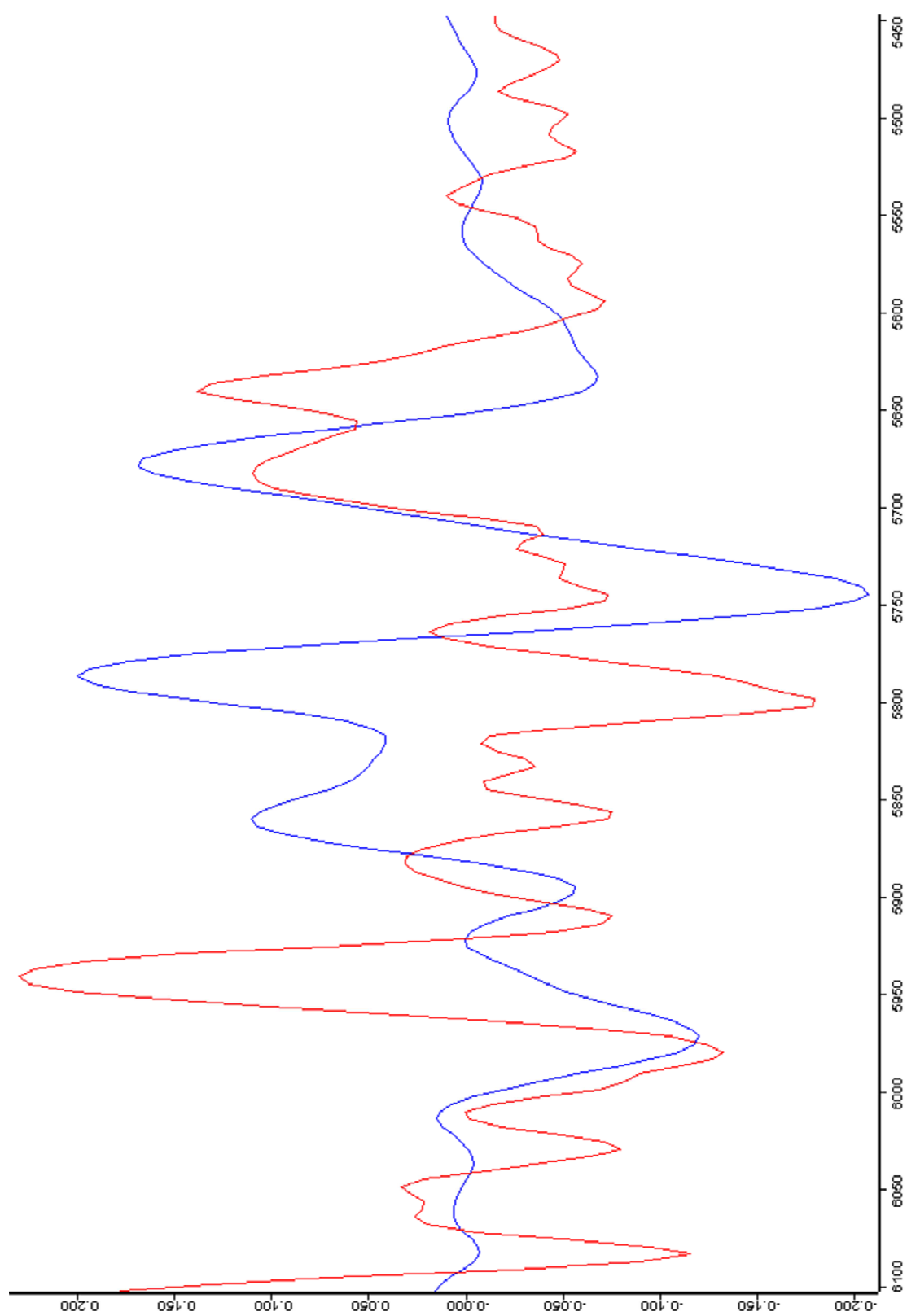
3 - Legenda de cores: Cor Verde=origens café arábica; Cor Preta=origens café robusta; Cor Salmão=Gama 5A, com 50% robusta; Cor Turquesa=gama 3A, com 70% robusta; Cor Azul Claro= gama 1A, com 100% robusta. NN – tempo de armazenamento em meses

**Anexo 5 –Loadings do PCA das 36 amostras analisadas em Junho
(sem estabilização)**



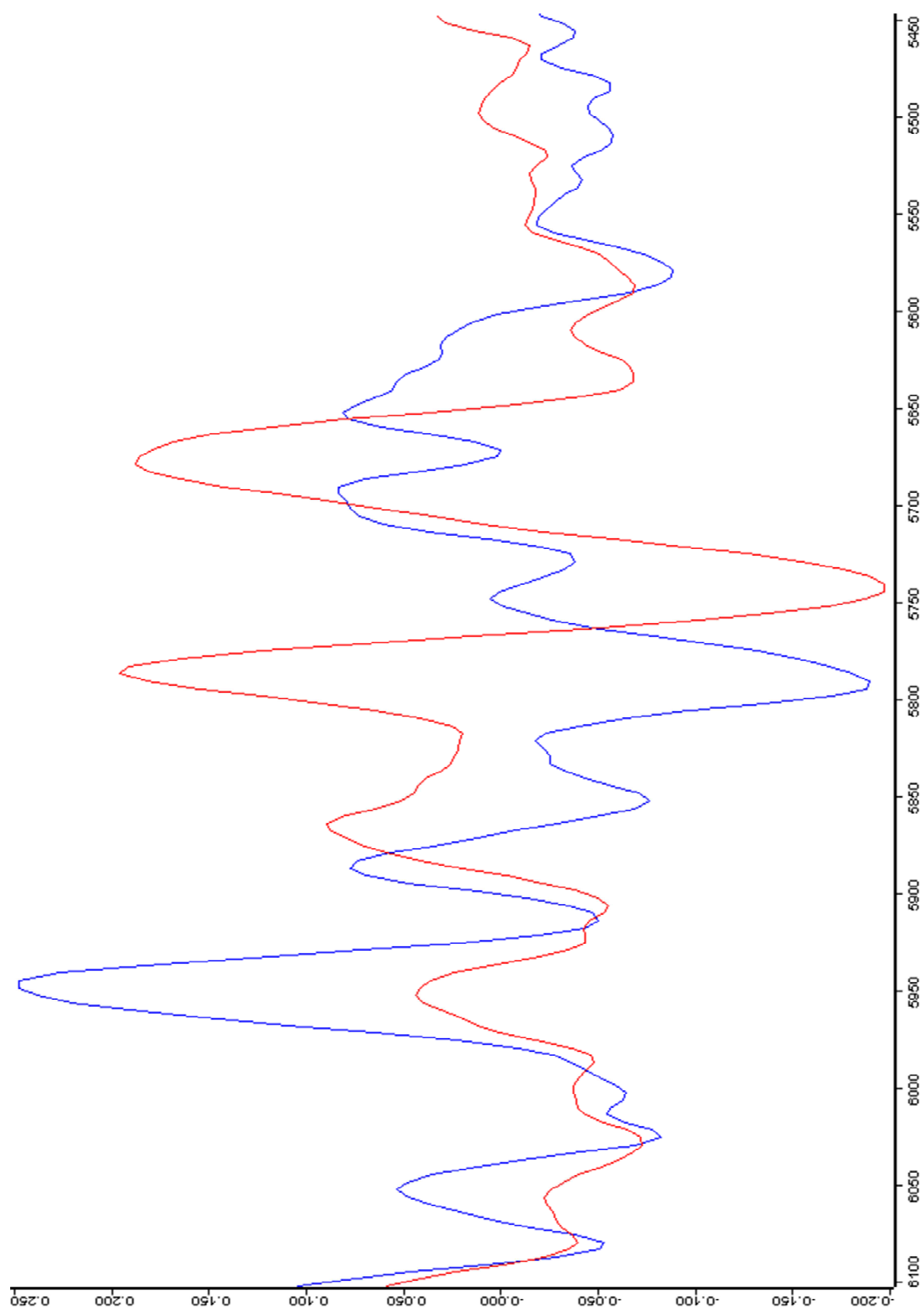
4 - Legenda de cores: Cor Vermelho=PC1; Cor Azul=PC2

Anexo 6 – *Loadings* do PCA das 18 amostras analisadas em Outubro



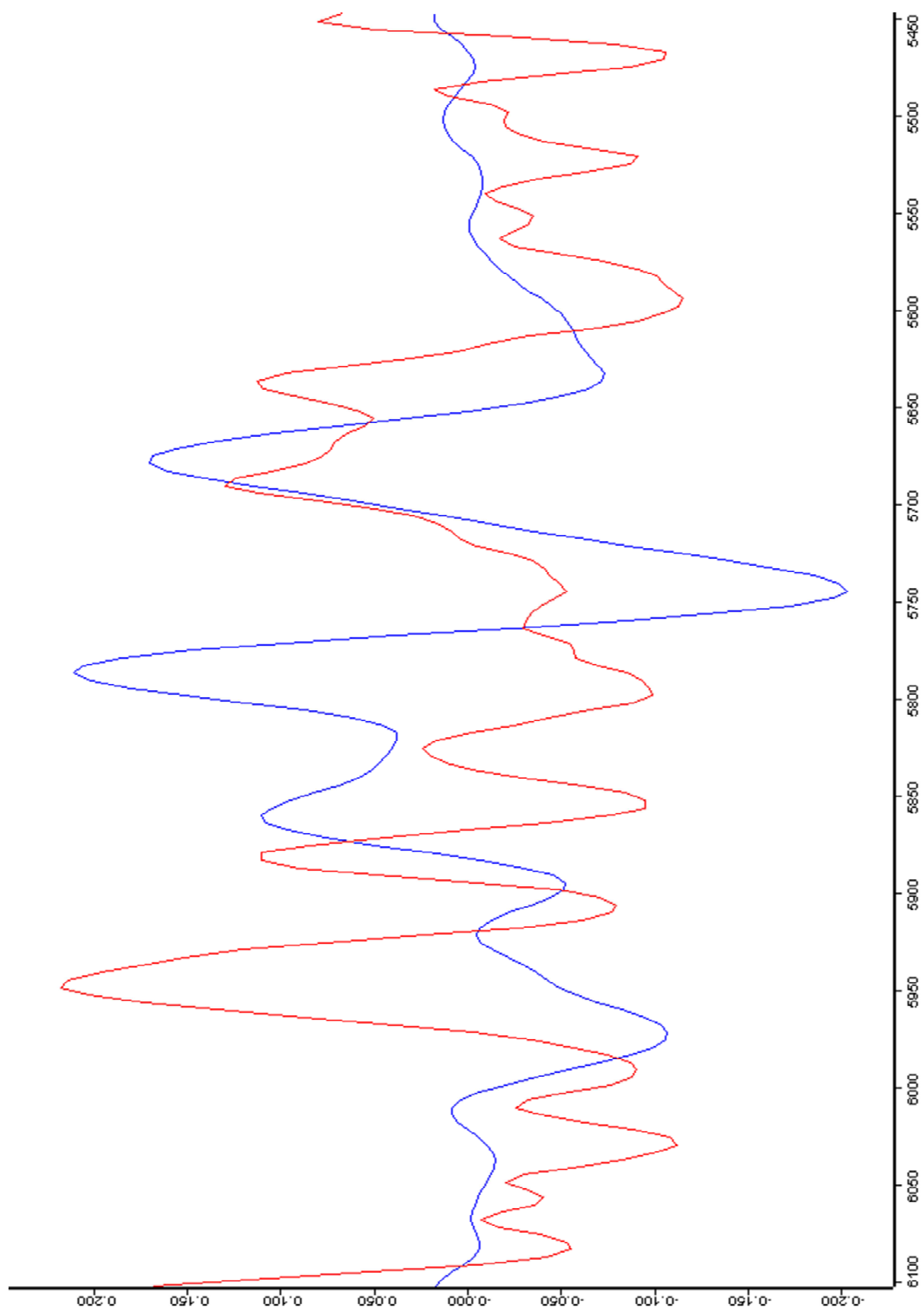
5 - Legenda de cores: Cor Vermelho=PC1; Cor Azul=PC2

Anexo 7 –Loadings do PCA das amostras com 100% Café Robusta



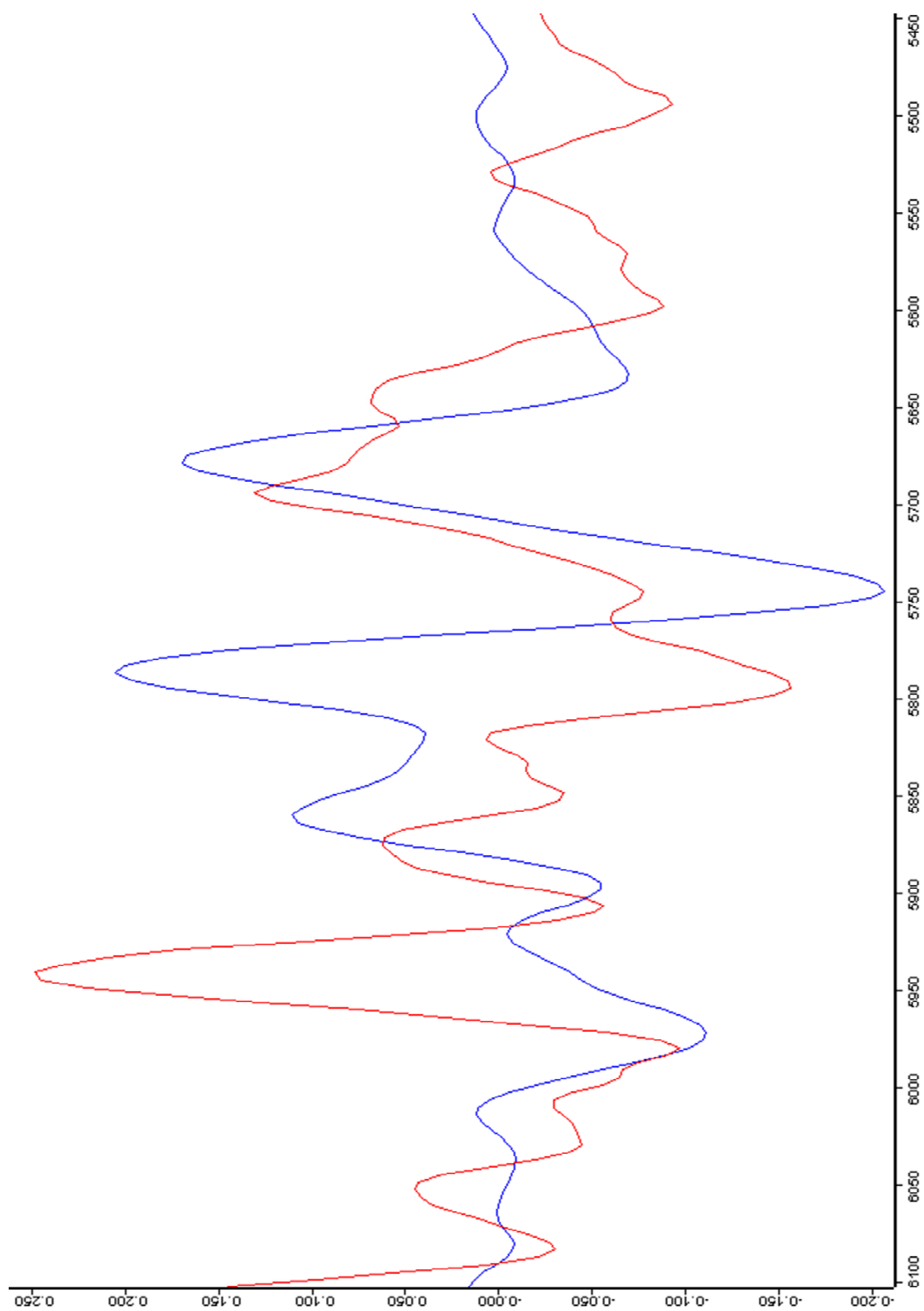
6 - Legenda de cores: Cor Vermelho=PC1; Cor Azul=PC2

Anexo 8 –Loadings do PCA das amostras com 70% Café Robusta



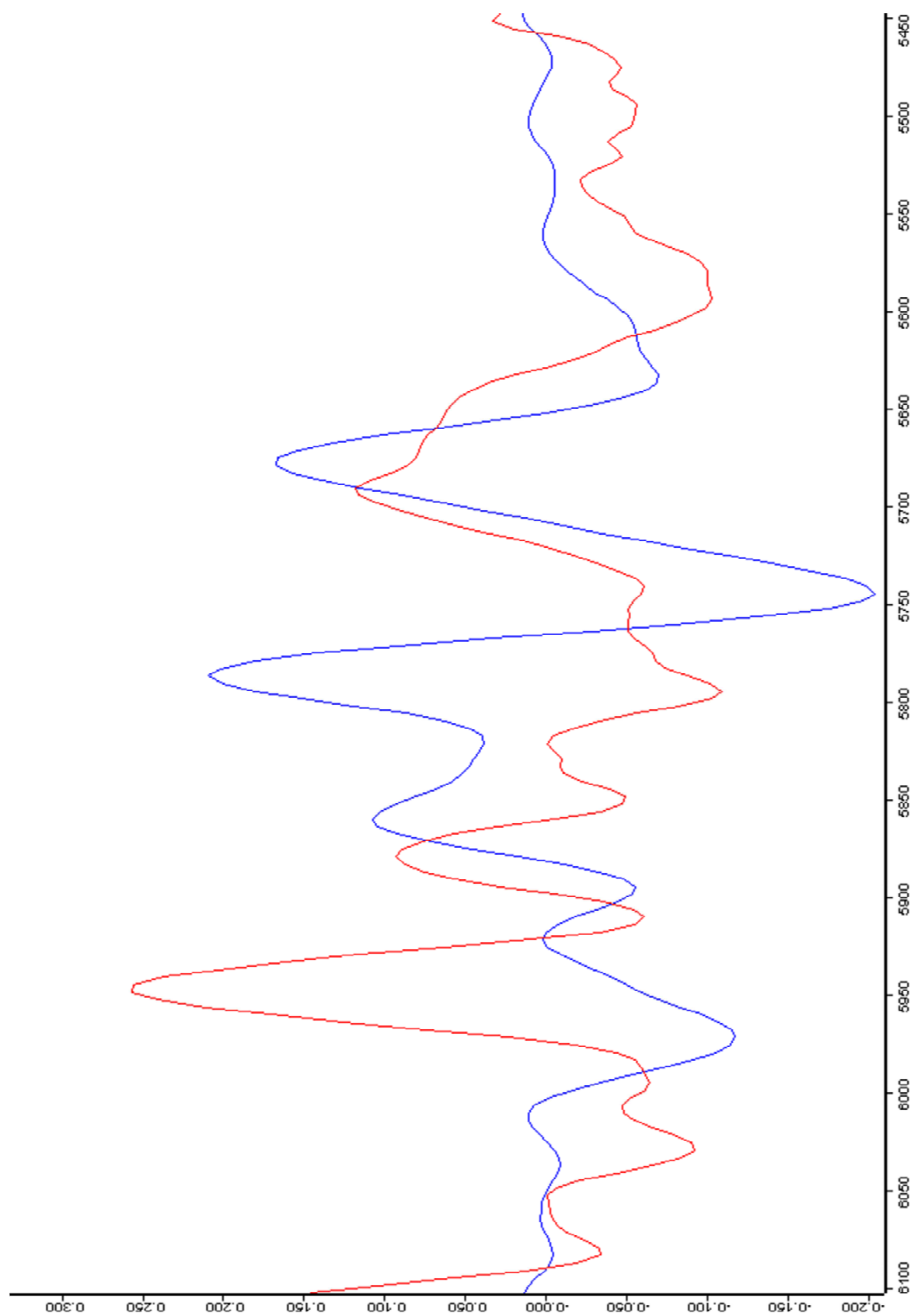
7 - Legenda de cores: Cor Vermelho=PC1; Cor Azul=PC2

Anexo 9 –Loadings do PCA das amostras com 50% Café Robusta



8 - Legenda de cores: Cor Vermelho=PC1; Cor Azul=PC2

Anexo 10 –*Loadings* do PCA das 54 amostras totais



9 - Legenda de cores: Cor Vermelho=PC1; Cor Azul=PC2